

---

# **ANNUAL REPORT**

of the

**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

**1992**

---

## **INFORME ANUAL**

de la

**Comisión Interamericana del Atún Tropical**

---

**La Jolla, California  
1993**

**CONTENTS—INDICE**  
**ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES**

	Page
INTRODUCTION .....	7
COMMISSION MEETINGS .....	8
ADMINISTRATION .....	22
Budget.....	22
Financial statement .....	22
INTER-AGENCY COOPERATION .....	22
VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS .....	23
FIELD STATIONS .....	24
PUBLICATIONS .....	24
THE FISHERY .....	25
Statistics of catches and landings .....	25
The eastern Pacific Ocean tuna fleet .....	27
REGULATION OF THE FISHERY .....	28
RESEARCH .....	29
Tuna and billfish biology .....	29
Tuna-dolphin investigations.....	54
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1992 AND OUTLOOK FOR 1993.....	66
Yellowfin.....	66
Skipjack .....	80
Northern bluefin .....	86
Bigeye .....	92
Black skipjack .....	96
<hr/>	
<b>FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS .....</b>	<b>97</b>

## VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION.....	197
REUNIONES DE LA COMISION.....	198
ADMINISTRACION.....	212
Presupuesto.....	212
Informe financiero.....	212
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES .....	212
CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA.....	213
OFICINAS REGIONALES .....	214
PUBLICACIONES .....	214
LA PESQUERIA.....	215
Estadísticas de capturas y desembarcos.....	215
La flota atunera del Océano Pacífico oriental .....	217
REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA.....	219
LA INVESTIGACION .....	219
Biología de los túnidos y picudos.....	219
Investigaciones atún-delfín .....	247
CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1992 Y PERSPECTIVAS PARA 1993.....	259
Aleta amarilla .....	259
Barrilete.....	275
Aleta azul del norte.....	281
Patudo.....	288
Barrilete negro .....	291

---

### APPENDIX 1—ANEXO

STAFF—PERSONAL.....	293
---------------------	-----

### APPENDIX 2—ANEXO 2

RESOLUTION PASSED AT INTERGOVERNMENTAL MEETING— RESOLUCION APROBADO EN EL REUNION INTERGUBERNAMENTAL.....	298
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### APPENDIX 3—ANEXO 3

FINANCIAL STATEMENT—DECLARACION FINANCIERA .....	310
--------------------------------------------------	-----

### APPENDIX 4—ANEXO 4

PUBLICATIONS—PUBLICACIONES.....	314
---------------------------------	-----





**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION AND THEIR  
PERIODS OF SERVICE FROM ITS  
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1992**

**LOS COMISIONADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL Y SUS  
PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA FUNDACION  
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1992**

**COSTA RICA**

Virgilio Aguiluz.....	1950-1965
José L. Cardona-Cooper .....	1950-1979
Victor Nigro.....	1950-1969
Fernando Flores B.....	1958-1977
Milton H. López G.....	1965-1977
Eduardo Beeche T.....	1969-1971
Francisco Terán Valls .....	1971-1977
Manuel Freer .....	1977-1979
Gabriela Myers .....	1977-1979
Rodolfo Sáenz O.....	1977-1979
Manuel Freer Jiménez .....	1989-1990
Carlos P. Vargas .....	1989-1990
Stewart Heigold Stuart .....	1990
Herbert Nanni Echandi.....	1990-

**UNITED STATES OF AMERICA**

Lee F. Payne.....	1950-1961 <sup>1</sup>
Milton C. James.....	1950-1951
Gordon W. Sloan.....	1951-1957
John L. Kask.....	1952
John L. Farley.....	1953-1956
Arnie J. Suomela .....	1957-1959
Robert L. Jones .....	1958-1965 <sup>2</sup>
Eugene D. Bennett.....	1950-1968 <sup>3</sup>
J. Laurence McHugh .....	1960-1970
John G. Driscoll, Jr.....	1962-1975 <sup>4</sup>
William H. Holmstrom .....	1966-1973
Donald P. Loker .....	1969-1976
William M. Terry .....	1970-1973 <sup>5</sup>
Steven E. Schanes.....	1973-1974
Robert C. Macdonald .....	1973-
Wilvan G. Van Campen.....	1974-1976
Jack Gorby .....	1975-1992
Glen H. Copeland .....	1976-1977
Wymberley Coerr.....	1977-1988
Henry R. Beasley .....	1986-
Mary L. Walker.....	1988-
Jack Bowland.....	1992

**PANAMA**

Miguel A. Corro.....	1953-1957
Domingo A. Díaz.....	1953-1957
Walter Myers, Jr.....	1953-1957
Juan L. de Obarrio.....	1958-1980
Richard Eisenmann.....	1958-1960
Gabriel Galindo.....	1958-1960
Harmodio Arias, Jr.....	1961-1962
Roberto Novey.....	1961-1962
Carlos A. López Guevara.....	1962-1974
Dora de Lanzner .....	1963-1972
Camilo Quintero .....	1963-1972
Arquimedes Franqueza .....	1972-1974
Federico Humbert, Jr.....	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen .....	1974-1985
Jaime Valdez.....	1974-1985
Carlos Arellano L.....	1980-1983
Luis E. Rodríguez .....	1980-1984
Armando Martínez .....	1984-1988
Carlos E. Icaza E.....	1985-1988
Dalva H. Arosemena M.....	1988-1990
Jesus A. Correa G.....	1989-
Jorge Lymberopulos .....	1989
Carlos E. Icaza E.....	1990-1991
José Antonio Icaza .....	1990-1991
Roy E. Cardoze.....	1990-
Jorge Lymberopulos .....	1991-
Juan Antonio Varela.....	1991-

**ECUADOR**

César Raza .....	1961-1962
Enrique Ponce y Cabro.....	1961-1963
Pedro José Arteta.....	1961-1962
Eduardo Burneo.....	1961-1965
Héctor A. Chiriboga.....	1963-1966
Francisco Baquerizo .....	1963
Vicente Tamariz A.....	1964-1965
Wilson Vela H.....	1966-1968
Luis Pareja P.....	1966-1968
Vinicio Reyes E.....	1966-1968

**MEXICO**

Rodolfo Ramírez G.....	1964-1966
Mauro Cárdenas F.....	1964-1968
Hector Chapa Saldaña.....	1964-1968
Maria Emilia Téllez B.....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L.....	1967-1970
Alejandro Cervantes D.....	1960-1978
Amin Zarur M.....	1968-1970
Arturo Díaz R.....	1970-1978
Joaquín Mercado F.....	1970-1977
Pedro Mercado S.....	1970-1975
Fernando Castro y Castro .....	1975-1977

**CANADA**

Emerson Gennis.....	1968-1969
Alfred W. H. Needler .....	1968-1972
E. Blyth Young.....	1968-1980
Leo E. Labrosse.....	1970-1972
Robert L. Payne.....	1970-1974
G. Ernest Waring .....	1970-1976
S. Noel Tibbo.....	1970-1977
James S. Beckett .....	1977-1984
Michael Hunter.....	1981-1984

**JAPAN**

Tomonari Matsushita .....	1971-1973
Shoichi Masuda.....	1971-1985
Fumihiko Suzuki .....	1971-1972
Seiya Nishida.....	1972-1974
Kunio Yonezawa .....	1973-1979
Harunori Kaya.....	1974-1976
Michio Mizoguchi .....	1976-1977
Michihiko Junihiro .....	1979-1980
Tatsuo Saito .....	1979-1983
Toshio Isogai .....	1980-1983
Susumu Akiyama.....	1984-1986
Ryuichi Tanabe.....	1984-1985
Satoshi Moriya.....	1985-1987
Yamato Ueda .....	1985-
Takehisa Nogami.....	1986-1989
Kazuo Shima.....	1987-1989
Shigenobu Kato.....	1989-1991
Kouji Imamura.....	1989-1992
Koichiro Seki.....	1991-
Masahiro Ishikawa.....	1992-

**FRANCE**

Serge Garache.....	1973-1983
Robert Letaconnoux.....	1973-1983
Rene Thibaudau.....	1976-1977
Maurice Fourneryon.....	1980-1987
Dominique Piney.....	1984-
Daniel Silvestre .....	1990-

**NICARAGUA**

Gilberto Bergman Padilla .....	1973-1980
Antonio Flores Arana .....	1973-1978
José B. Godoy .....	1976-1980
Octavio Gutiérrez D.....	1977-1980
Jamil Urroz E.....	1977-1985
Abelino Aróstegui Valladares .....	1985-1988
Sergio Martínez Casco.....	1988-

**VANUATU**

Richard Carpenter.....	1991-
Doresthy Kenneth.....	1991-

**VENEZUELA**

Francisco Herrera Terán.....	1992-
------------------------------	-------

<sup>1</sup> Deceased in service April 10, 1961

<sup>2</sup> Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

<sup>3</sup> Deceased in service April 26, 1965

<sup>4</sup> Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

<sup>5</sup> Deceased in service December 18, 1968

<sup>6</sup> Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

<sup>7</sup> Deceased in service May 5, 1973

<sup>8</sup> Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

<sup>9</sup> Deceased in service October 16, 1975

<sup>10</sup> Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975



## **ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1992**

### **INTRODUCTION**

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, and France and Nicaragua in 1973. Ecuador withdrew from the Commission in 1968, Mexico in 1978, Costa Rica in 1979, and Canada in 1984. Costa Rica re-adhered to the convention in 1989, and Vanuatu and Venezuela joined the Commission in 1990 and 1992, respectively.

The principal duties of the Commission under the convention are (1) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean to determine the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches.

In 1976 the Commission's duties were broadened to address problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "the Commission should strive [1] to maintain a high level of tuna production and also [2] to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement were to be (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies, and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission conducts a wide variety of investigations at sea, in ports where tunas are landed, and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director (Appendix 1), who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 42nd year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its Annual Report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Report series and in books, outside scientific journals, and trade journals.

**COMMISSION MEETINGS*****Special IATTC meeting of April 21-23, 1992***

The IATTC held a special meeting in La Jolla, California, USA, on April 21-23, 1992, at which the IATTC objectives concerning dolphin conservation and the research requirements necessary to achieve those objectives were discussed. Mr. Brian Hallman of the United States served as Chairman. Representatives of six of the seven member governments attended the meeting, as did observers from Colombia, Italy, Mexico, Spain, Venezuela, the American Cetacean Society, the Animal Protection Institute of America, the Center for Marine Conservation, the Earth Island Institute, Greenpeace, the Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio, and the Whale and Dolphin Conservation Society.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Adoption of agenda
3. A review of the tuna-dolphin fishery
4. A discussion of IATTC objectives concerning dolphin conservation
5. Consideration of research requirements necessary to achieve objectives
6. Recommendations
7. Other business
8. Adjournment

A resolution concerning the adoption of a multilateral program for reduction of dolphin mortality in the tuna fishery of the eastern Pacific Ocean was adopted. This resolution reads as follows:

*The Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) and the participating observer governments listed in Appendix I:*

*Recalling* the agreement of governments expressed in resolutions of the intergovernmental meetings held in San José, Costa Rica, in September 1990, and La Jolla, California, in January 1991, to establish an international program for the reduction of incidental mortality of dolphins caught in association with tuna in the purse-seine fishery in the eastern Pacific Ocean (EPO);

*Further recalling and affirming* the objectives of the international program, which include achieving, in the short term, a significant reduction in dolphin mortalities incidental to this fishery and, in the longer term, a reduction in such mortalities to insignificant levels approaching zero and, if possible, the complete elimination of such mortality;

*Noting* that, in accordance with the objectives of the above-mentioned resolutions, a significant reduction in dolphin mortality has already been achieved;

*Resolve to:*

- Adopt a multilateral program with the objectives of (1) progressively reducing dolphin mortality in the EPO fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits and (2), with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins while maintaining the populations of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches year after year;

*Further resolve to:*

- Continue the current international program and, where appropriate, the individual national programs, of placing an observer on each trip made by purse-seine vessels of capacity greater than 400 tons operating in the EPO and, beginning in 1993, ensure that at least one-half of the observers deployed each year by each nation are IATTC observers;
- Set annual limits on total dolphin mortality in the EPO, as follows:

Year	Limit	Percentage of best estimate of current populations of spotted, spinner, and common dolphins
1993	19,500	0.30
1994	15,500	0.24
1995	12,000	0.19
1996	9,000	0.14
1997	7,500	0.11
1998	6,500	0.10
1999	<5,000	<0.08

- Ensure compliance with these limits by a mechanism to be agreed upon by July 1, 1992;
- Monitor trends in abundance of specific dolphin stocks and take protective measures for these stocks, as necessary;
- Establish a panel to review and report on the compliance of the international fleet with the mortality limits set forth above, and make recommendations as appropriate; the functions and responsibilities of the panel will be elaborated at the 50th meeting of the IATTC;
- Provide to the IATTC, in a timely manner, summary data collected through national observer programs; similarly, the IATTC will provide information, within their constraints of confidentiality, to governments;
- Expand current IATTC training and gear inspection programs to ensure the use of the best current fishing methods and gear technology available;
- In light of the research currently being undertaken, as set forth in Appendix II, initiate research to adapt current technology to ensure that reduction targets can be achieved, and seek alternative methods for capturing large yellowfin tunas in the EPO which do not involve encircling dolphins, with particular emphasis on the use of fish-aggregating devices (FADs) to attract large tunas, taking special note of such methods employed in other oceans, and study the impact on the ecosystem of achieving these reductions in the mortality of dolphins.
- Strive to attain funds for research at a level sufficient to achieve the objectives of this resolution, as presented in Appendix II;
- Establish within the IATTC an Advisory Board of technical specialists from the international communities of scientists, government agencies, environmental groups, and the fishing industry, to assist the Director of the IATTC in efforts to coordinate, facilitate, and guide research. The functions and responsibilities of the Advisory Board will be elaborated at the 50th Meeting of the IATTC.

## APPENDIX I.

Mexico, Spain, Venezuela.

## APPENDIX II.

## I. RESEARCH PROJECTS CURRENTLY BEING CONDUCTED (In US\$)

Methods that would not entail chase nor encirclement of dolphins

Fish-Aggregating Device (FAD) feasibility study	212,000
Light detecting and ranging (LIDAR) device (Execution to June 1992)	80,000
Oceanography (Execution to September 1993)	135,000
Food habits study (Execution to January 1994)	200,000
Tuna-Dolphin association	
(Execution to November 1992)	175,000
(additional funding for boat charter)	600,000
TOTAL	1,402,000

## II. RESEARCH PROJECTS PROPOSED

## A. Improvements in current purse-seining technology

	YEAR 1	YEAR 2
Current profiler	190,000	
Freitas panel	100,000	100,000
Net-lifting devices	100,000	100,000
Dolphin Rescue Boats	50,000	
(Budgeted)		
Engineering workshop	100,000	
Purse-seine consultant from FAO	(Budgeted)	
Remotely-operated vehicle (ROV) system	75,000	
Modification of purse-seine net	(Budgeted)	
TOTAL (both years)		865,000

## B. Methods involving dolphins, but not encirclement

Pair trawling	(Not planned)
Separation by acoustic methods	(Not planned)
Separation by other methods	(Not planned)
Food habit studies (see below)	

## C. Methods that would not entail chase nor encirclement of dolphins

Expanded FAD program	4,070,000
Longliner and baitboat studies	(Budgeted)
1) Baitfishing studies	
2) Economic studies	

Several other projects concerning the association between tunas and logs that would be relevant to the FAD project are listed in the Report of the Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated With Floating Objects (available upon request); however, plans and budgets have not yet been prepared.

## D. Other studies

Establish Scientific Advisory Board of international specialists - US\$ 50,000 per annum (see above).

***Fiftieth meeting of the IATTC***

The Commission held its 50th meeting in La Jolla, California, USA, on June 16-18, 1992. Mr. Herbert Nanne Echandi of Costa Rica served as Chairman. Representatives of all eight member governments attended the meeting, as did observers from Colombia, Ecuador, Mexico, Russia, the Seychelles, Spain, Taiwan, the European Economic Community, the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), the Association Robin des Bois, the Center for Marine Conservation, the Earth Island Institute, Greenpeace, the Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio, and the Whale and Dolphin Conservation Society.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of current tuna research
4. The 1991 fishing year
5. Status of tuna stocks
6. Review of Tuna-Dolphin Program
7. Recommendations for 1992
8. Recommended research program and budget for FY 1993-1994
9. Place and date of next meeting
10. Election of officers
11. Other business
12. Adjournment

The Commission meeting was temporarily adjourned on June 17, 1992, and an intergovernmental meeting, involving all the national representatives at the Commission meeting, was convened. An agreement regarding the conservation of dolphins in the eastern Pacific Ocean (Appendix 2 (pages 298-303)) was adopted.

After the intergovernmental meeting was adjourned on June 18, the Commission meeting was reconvened, and it took the following actions:

(1) A resolution regarding the conservation of dolphins in the eastern Pacific Ocean was passed. This resolution reads as follows:

*The Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) recalls and reaffirms the resolution adopted during its Special Meeting held in La Jolla, California, on April 21-23, 1992, to adopt a multilateral program with the objectives of (1) progressively reducing dolphin mortality in the eastern Pacific Ocean (EPO) fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits and (2), with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins while maintaining the populations of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches year after year, and to limit and, if possible, eliminate the mortality of dolphins in the fishery of the EPO as follows:*

Year	Limit	Percentage of best estimate of current populations of spotted, spinner, and common dolphins
1993	19,500	0.30
1994	15,500	0.24
1995	12,000	0.19
1996	9,000	0.14
1997	7,500	0.11
1998	6,500	0.10
1999	<5,000	<0.08

It further resolved to establish a Review Panel to review and report on the compliance of the international fleet with the mortality limits set forth above, and make recommendations as appropriate, and to establish within the IATTC an Advisory Board of technical specialists from the international communities of scientists, government agencies, environmental groups, and the fishing industry, to assist the Director of the IATTC in efforts to coordinate, facilitate, and guide research.

Therefore:

*The IATTC resolves that:*

1. Each party to this Resolution shall, on or before October 1, 1992, provide to the Director of the IATTC a list of purse-seine vessels of carrying capacity greater than 400 short tons under its jurisdiction which such party has reasonable cause to believe will set on tunas associated with dolphins in the EPO in 1993 and for each of which the party wishes to have a Dolphin Mortality Limit (DML) assigned for that year.
2. The Review Panel to be established in accordance with the Resolution of April 1992, whose duties, functions, and responsibilities are defined in Appendix I, shall, by November 1, 1992, assign a DML to each vessel that it determines to be "qualified" for a DML in accordance with Paragraph 1 ("qualified vessels"). For 1993, each DML shall be equivalent to 19,500 divided by the total number of qualified vessels.
3. Each party may thereafter adjust the DMLs of its qualified vessels either upward or downward, provided that no vessel is assigned an adjusted DML in excess of 15 percent above the original DML and that the collective DMLs for that nation's fleet do not exceed that nation's collective DMLs prior to adjustment. Any such adjustment shall be made prior to December 1, 1992. Each party shall notify the IATTC of any such adjustments on or before December 15, 1992. DMLs that are assigned as of December 1, 1992, shall be applied during 1993.
4. Any vessel assigned a DML for 1993 which does not utilize any of its DML by June 1, 1993, or which leaves the fishery, shall lose its right to utilize its DML for the remainder of the year. The IATTC shall maintain records of all such unutilized DMLs.
5. Each party to the Resolution shall, on or before April 1, 1993, provide to the Director of the IATTC the names of purse-seine vessels which were not assigned a DML under Paragraph 2 and to which it wishes to have a DML assigned for the last six months of 1993. All such vessels which are qualified shall be assigned DMLs by the Director of the IATTC, after consultation with the voting members of the Review



Panel, as soon as possible after June 1, 1993. The DML shall be calculated by dividing the sum of the unutilized DMLs by the total number of such applications, provided that the DML for any such vessel shall not exceed one-half of the DML calculated in accordance with Paragraph 2.

6. For any vessel exceeding its DML during 1993, the amount of its excess shall be deducted from the DML assigned to that vessel during 1994 and, if the excess in 1993 exceeds the 1994 DML, then such excess shall be deducted from the DMLs subsequent to 1994, as appropriate.
7. Only vessels operating under the jurisdiction of IATTC member governments or under the jurisdiction of governments that are party to an agreement reached at an Intergovernmental Meeting held in La Jolla, California, on June 18, 1992, are eligible for DMLs.
8. Compliance with the total EPO dolphin mortality limits for the years 1994 through 1999 shall be ensured through the mechanisms set forth above for 1993, with any necessary modifications.
9. The IATTC shall review and assess the 1993 compliance mechanisms prior to July 1, 1993.
10. Measures shall be taken with respect to management of individual stocks of dolphins in accordance with Appendix II.
11. The Scientific Advisory Board of technical experts to coordinate, facilitate, and guide research in accordance with the Resolution of April 1992 shall be established and operate as outlined in Appendix III.
12. Each party shall require purse-seine vessels of carrying capacity greater than 400 short tons under their jurisdiction which operate in the EPO to carry an observer during each fishing trip in 1993. At least 50 percent of the observers shall be from the observer program of the IATTC.
13. Each party shall permit observers to collect all pertinent information necessary to achieve the objectives of this Resolution.
14. Each party shall require observers to inform the fishing captain of the vessel upon which he is observing when the DML is reached and when fishing by that vessel for yellowfin tuna in association with dolphins should cease.
15. Each party to this Resolution shall require that a vessel shall cease fishing on dolphins in the EPO when its DML has been reached.
16. The Director of the IATTC is instructed to disseminate and otherwise make known the contents of this Resolution to the international community.

*The IATTC finally recommends* that all member countries work diligently to achieve the objectives of this Resolution.

## APPENDICES

### Appendix I.

## THE REVIEW PANEL

### I. OBJECTIVES

This Review Panel is established as recommended by the Resolution approved at the Special Meeting of the IATTC held on April 21-23, 1992, to review and report on the compli-

ance of the international fleet with the mortality limits set forth and to make recommendations as appropriate.

## II. FUNCTIONS AND RESPONSIBILITIES

The Review Panel shall:

1. Compile each year a list of vessels qualified for Dolphin Mortality Limits (DML) and assign DMLs for each year from 1993 through 1999.
2. Review all trips made in the eastern Pacific Ocean by purse-seine vessels of fish-carrying capacity greater than 400 short tons.
3. Identify all infractions of agreements concerning dolphin mortality, including this resolution, and, in particular, of the Agreement reached at an Intergovernmental Meeting held in La Jolla, California, on June 18, 1992.
4. Inform parties to the above Agreement or this Resolution of infractions by vessels under their jurisdiction.
5. Receive from governments party to the above-mentioned Agreement or Resolutions and whose vessels fish for tunas in association with dolphins in the eastern Pacific Ocean information concerning their actions in response to reported infractions for the purposes of monitoring compliance.
6. Recommend to all such governments a standardized certification system for fishing captains and maintain a list of those who have received adequate training and who are abiding by the goals of the above Agreement or this Resolution.
7. Recommend to all such governments a set of sanctions for individual fishing captains, vessel owners, and observers which are consistent with the goals of the above Agreement or this Resolution, appropriate for the infractions, and standardized among countries.
8. Recommend to all such governments minimum standards for fishing gear, update these following technological advances, and maintain a list of vessels which carry all the equipment needed to reduce dolphin mortality and which have performed the required procedures to maintain the vessel and the gear in good working condition.
9. Recommend to all such governments actions to be taken in order to ensure compliance with the above Agreement and this Resolution by any nation not a party to either that is conducting fishing operations in a manner inconsistent with the above Agreement or this Resolution.
10. Publish an Annual Report which would:
  - a) Review the operation of the program and recommend actions to such governments for modifications and updates in enforcement consistent with the goals of the above Agreement or this Resolution.
  - b) Summarize all the identified infractions and the action taken.

## III. COMPOSITION OF THE PANEL

The Review Panel will be composed of nine members, five of whom shall be representatives of participating governments with vessels participating in the fishery. The remaining members of the Panel shall consist of two representatives of environmental organizations

and two representatives of the tuna-fishing industry, to be selected by government representatives on the Panel. The five government representatives shall be voting members; the four non-governmental representatives shall be non-voting members. The IATTC will provide a non-voting Secretariat for the Panel.

#### IV. OPERATION OF THE PANEL

The Panel shall adopt rules of procedure for its operations at its first meeting. After each meeting a report of infractions and related matters shall be made available to the public. The Panel will prepare an annual report on its activities. The proceedings of the Panel will not be public, and its members shall not divulge any information concerning individual vessels and operators derived from review forms or from the proceedings of the Panel. Information concerning compliance with the terms of the Agreement will be made public by means of the Panel's Reports.

---

#### Appendix II.

Protective measures for each individual stock of dolphins should be taken as follows:

- i) If the incidental mortality of any stock exceeds 2% of the most current estimate of absolute abundance (CEAA), but is less than 4% of the CEAA of that stock, a warning will be issued to all fleets;
- ii) If the incidental mortality of any stock exceeds 2% of the CEAA but is less than 4% in two consecutive years, all sets on that stock, whether in herds which contain only individuals of that stock or in mixed herds, would be banned for a year.
- iii) If the incidental mortality of any stock reaches or exceeds 4% of the CEAA in a given year, a complete ban on setting on that stock would be imposed for the following year.
- iv) If the incidental mortality of any stock exceeds 6% of the CEAA, the ban on sets would remain in force for three years; for 8%, four years; and for 10%, five years.

It is proposed that the CEAA for the dolphin stocks of the EPO presented by Wade and Gerrodette to the IWC in 1992, based on NMFS research vessel data for the period 1986-1990, be used for all these calculations until the IATTC agrees on an updated set of figures. Such updates could result from the analysis of data from future research cruises, from calibration of indices of relative abundance with estimates of absolute abundance, or from improvements in the analytical methodology applied to currently available data. The 2% value for maximum net annual recruitment should also be changed if better estimates become available.

#### BACKGROUND

In recent years, incidental mortality for all stocks of dolphins involved in the fishery has been decreasing, and as of 1991 the mortality rates of all stocks are less than 1% of the most recent estimates of their average absolute abundances for 1986-1990. The most conservative estimate of the maximum net annual recruitment rate for dolphins is 2%, so incidental mortality rates below this level should not jeopardize the recovery of the stocks.

The incidental mortalities of the various stocks of dolphins in the EPO in 1991 (based on mortality per set) were as follows:

Stock	Population abundance <sup>1</sup>	Incidental mortality	Percent mortality
Northeastern spotted	738,100		
Western and/or southern spotted	1,299,300		
All spotted (except coastal)	2,037,400	13,991	0.69
Eastern spinner	632,700	5,879	0.93
Whitebelly spinner	1,020,100	2,974	0.29
Northern common	477,000	161	0.03
Central common	415,600	3,182	0.77
Southern common	2,211,500	115	0.01
Other dolphins	2,729,100	990	0.04
All	9,523,400	27,292	0.29

<sup>1</sup> Wade and Gerrodette (submitted to the International Whaling Commission, 1992)

Appendix III.

#### THE SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

The Inter-American Tropical Tuna Commission, at its Special Meeting held in La Jolla, California, on April 21-23, 1992, reached agreement on a multilateral program with the objectives of (1) progressively reducing dolphin mortality in the EPO fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits and (2), with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins while maintaining the populations of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches year after year.

Based on a recommendation from the IATTC scientific staff, the participating governments approve the establishment of a Scientific Advisory Board of technical specialists to assist the Director in matters regarding research to (a) modify current purse-seine technology to make it less likely to cause dolphin mortality and (b) seek alternative means of capturing large yellowfin tuna.

The functions and responsibilities of the Board shall be to:

- 1) Meet at least once each year.
- 2) Review plans, proposals, and programs of the Commission to seek to meet objectives (1) and (2), as noted in paragraph 1 of this document.
- 3) Provide advice to the Director concerning the design, facilitation, and guidance of research to achieve objectives (1) and (2) noted in Paragraph 1 of this document.
- 4) Assist the Director in locating sources of funding to conduct such research.

- 5) Recommend to the Director any other measures and actions that could be taken to facilitate achieving the objectives of the dolphin conservation program defined in the Resolution of the Special Meeting of the IATTC held in La Jolla on April 21-23, 1992.

The Board will consist of no more than 10 members, selected from the international community of scientists, fishing gear experts, the fishing industry, and environmentalists. The members will be selected by the Director on the basis of their technical expertise, and subject to approval by the Commission and the participating governments.

The secretariat for the Board will be provided by the IATTC.

(2) The Commission staff recommended a yellowfin catch quota of 210,000 short tons in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) during the 1992 fishing year, with the option to increase this limit by up to four increments of 20,000 tons each due to uncertainty regarding the size composition of the fish in the catch during the remainder of the year. The rationale for this recommendation is given in Background Paper 2 prepared for the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution regarding a yellowfin conservation program for 1992:

*The Inter-American Tropical Tuna Commission, having responsibility for the scientific study of the tunas and tuna-like fishes of the eastern Pacific Ocean, and for the formulation of recommendations to the High Contracting Parties with regard to these resources, and having maintained since 1950 a continuing scientific program directed toward the study of those resources,*

*Notes that the yellowfin tuna resource of the eastern Pacific supports one of the most important surface fisheries for tunas in the world, and*

*Recognizes, based on past experience in the fishery, that the potential production from the resource can be reduced by excessive fishing effort, and*

*Recalls that from 1966 through 1979 the implementation of a successful conservation program maintained the yellowfin stock at high levels of abundance, and*

*Notes that from 1980 through 1991, excepting 1987, although no conservation programs were implemented, conservation measures were nevertheless recommended to the Commissioners by the scientific staff, and in turn such measures were approved by the Commissioners for recommendation to their respective governments, and*

*Observes that, at current levels of abundance and at current fleet capacity, the stock of yellowfin can be over-exploited,*

*Concludes that a limitation on the catch of yellowfin tuna should be implemented during 1992.*

*The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties that a quota of 210,000 short tons be established for the 1992 calendar year on the total catch of yellowfin tuna from the CYRA (as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962), and that the Director should be authorized to increase this limit by no more than four successive increments of 20,000 short tons each if he concludes from examination of available data that such increases will pose no substantial danger to the stocks, and*

*Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1992.*

(3) The Commission agreed to a proposed budget of \$4,743,000 for the 1993-1994 fiscal year, plus a supplemental budget of \$4,520,000 for activities relating to the Tuna-Dolphin Program which would be spent during the 1993-1994 and 1994-1995 fiscal years.

(4) The Commission agreed that its next meeting would be held in Port Vila, Vanuatu, in mid-June 1993.

(5) The Commission elected Mr. Richard Carpenter of Vanuatu and Mr. Francisco Herrera Terán of Venezuela as Chairman and Secretary, respectively, of the next meeting of the IATTC.

### ***First meeting of the International Review Panel***

The first meeting of the International Review Panel (IRP) of the Inter-American Tropical Tuna Commission was held in La Jolla, California, USA, on October 15-16, 1992. The IRP was established as recommended by the resolution approved at the special meeting of the IATTC held on April 21-23, 1992, to review and report on the compliance of the international tuna fleet with the mortality limits set forth for dolphins and to make recommendations, as appropriate, to minimize those mortalities. Representatives of Colombia, Mexico, the United States, Vanuatu, Venezuela, the American Tunaboat Association, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera, Greenpeace International, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza, and the Inter-American Tropical Tuna Commission participated in the meeting. Mr. Richard Carpenter of Vanuatu served as Chairman of the IRP, Ms. Traci Romine of Greenpeace International served as Presider, and Drs. James Joseph and Martín A. Hall served as the Secretariat. (The duties of the Chairperson, the Presider, and the Secretariat are defined below.)

The following agenda was adopted:

1. Rules of procedure
2. Admission of non-governmental members
3. Assignment of dolphin mortality limits
4. Review and comparison of national legislation to protect dolphins
5. Discussion of means to monitor compliance with the international dolphin conservation program
6. Infractions and sanctions
7. Place and date of next meeting
8. Other business
9. Adjournment

The Rules of Procedure for the IRP were discussed and adopted. These are as follows:

## **RULES OF PROCEDURE**

### **Representation**

- Rule I. a) The Review Panel ("the Panel") shall be composed of nine members, five of whom shall be representatives of governments party to the Agreement approved in La Jolla on 18 June 1992 which have vessels participating in the fishery ("government members"). The remaining members of the Panel ("non-government members") shall be two representatives of environmental organizations and two representatives of the tuna-fishing industry, to be appointed by the government members in accordance with these rules.

- b) In the performance of its duties and functions, the Panel may request the technical and scientific services of, and confirmation from, official agencies of the participating governments and any international, public, or private institution or organization, or any private individual.

### Non-government members

- Rule II.
- a) The first non-government members appointed to the Panel shall serve until the commencement of the first regular meeting of the Panel held in 1994.
  - b) Non-government members appointed to the Panel subsequently shall serve from the commencement of the first regular meeting of the Panel<sup>1</sup> held in the year of their appointment until the commencement of the first regular meeting of the Panel held two years later.
  - c) In any year in which the non-government members' term of service is due to expire, the government members shall, on or before 30 March of that year, appoint new non-government members. Serving non-government members shall be eligible for re-appointment for a further term.
  - d) Should a non-government member's position fall vacant, the government members shall appoint a replacement as soon as practicable. Any such replacement non-government member shall serve on the Panel until the date when the original non-government member's appointment would have expired.
  - e) With sufficient reason, the government members may terminate the appointment of a non-government member prior to the expiry of his/her term. The holding or expressing of opinions shall not be sufficient grounds for such termination. In the event of such termination, the non-government member affected shall be entitled to be informed of the grounds for the termination.

### Alternates

- |                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Rule III.</p> <p>Subject<br/>to approval<br/>of plenary</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Each non-government member shall, within a reasonable time of being appointed, submit to the Director of the IATTC his/her nomination for an alternate. The nomination may be confirmed or rejected by the government members. If the nomination is rejected, the non-government member shall submit a new nomination to the Director of the IATTC.</li> <li>b) The appointment of an alternate shall terminate upon the termination of the appointment of the non-government member for whom he/she acts.</li> <li>c) Each alternate may attend the meetings of the Panel, but shall have no speaking rights if the non-government member for whom he/she acts is present.</li> </ul> |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Voting

- Rule IV. Only government members shall have voting rights. Each government member shall have one vote, and that vote may be cast by any authorized delegate of that government.

<sup>1</sup> The regular meeting of the panel is held at the time of the annual meeting of IATTC

- Rule V. a) The Panel shall strive to reach a consensus on all matters. In the event that this is not possible, all decisions, resolutions, recommendations, and other official actions of the Panel shall be taken by a majority of 4 of the 5 voting members. Voting at meetings of the Panel shall be by show of hands, or by roll call, as in the opinion of the Presider (see Rule X.c) appears more suitable.
- b) The Panel may in all matters act by circulating notice in writing of a proposed resolution or action by the government members, provided that such notice and all relevant documentation is sent to all members of the Panel, including the non-government members, at least 14 days prior to the effective date of the resolution.
- c) In matters of urgency, the agreement of the government members may be communicated orally and the decision, resolution, recommendation or other action of the Panel shall be valid notwithstanding that the time limit set out in (b) above is not complied with and that despite best efforts being made it is not possible to circulate the relevant documentation to the non-government members.

#### **Chairperson and Secretariat**

- Rule VI. a) The Chairperson of the Panel shall be elected each year at the regular meeting of the Panel, to be held in accordance with Rule X, and shall serve from the date of his/her appointment until the appointment of another Chairperson. The Panel shall have the power to appoint a new Chairperson at any time if the post falls vacant. The Secretariat shall be provided by the Director of the IATTC.
- b) The term "Chairperson" shall, when referred to in these rules, mean the Chairperson of the Panel elected in accordance with this rule.
- Rule VII. The duties of the Chairperson shall be to:
- a) Subject to the direction of the Panel, set the time and place of the meetings of the Panel (see Rule X.a).
- b) With the concurrence of two other members of the Panel, convene special meetings of the Panel, as deemed necessary.
- c) Present to the regular meetings of the Intergovernmental Forum which established this Panel the reports, recommendations, and communications of the Panel.
- d) Carry out such other duties as may be necessary to achieve the objectives of the Panel.
- e) Prepare an agenda for each meeting of the Panel.
- Rule VIII. The duties of the Secretariat shall be to:
- a) Provide all information required by the Panel to carry out its functions and responsibilities, including, *inter alia*, review forms listing vessel activities and dolphin mortality by set, and information on the presence, condition, and use of dolphin safety gear.
- b) Prepare minutes of all meetings and draft special reports and documents dealing with the activities of the Panel.
- c) Perform any other tasks requested by the Panel necessary to achieve its objectives.



### **Confidentiality**

- Rule IX. Members of the Panel shall treat as confidential all records of the activities of individual vessels and/or companies.

### **Meetings**

- Rule X. a) The Panel shall meet at least once each year at the time of the regular Annual Meeting of the IATTC ("regular meeting"), and shall strive to meet at least two additional times, once in September or October and once in January, and at such other times as the Chairperson and two additional members of the Panel deem a special meeting is necessary.
- b) Each meeting of the Panel shall be presided over by a member of the Panel, to be elected by the government members at that meeting.
- c) The member of the Panel elected to chair a meeting is referred to in these rules as "the Presider".
- d) The duties of the Presider shall be to:
1. Decide all questions of order raised at the meetings of the Panel, subject to the right of any member to request that any ruling by the Presider be submitted to the Panel for decision by vote.
  2. Call for votes, and announce the result of the vote to the Panel.
  3. Approve the official minutes of meetings of the Panel over which he/she presided.

### **Language**

- Rule XI. The official languages of the Panel shall be English and Spanish, and members of the Panel may use either language during meetings.

### **Contacts**

- Rule XII. The address of the Panel shall be that of the IATTC.

### **Amendments**

- Rule XIII. These rules of procedure may be amended from time to time as deemed necessary by the Panel and in accordance with the voting procedure noted in Rules III and IV above.

It was agreed that the next meeting of the IRP would be held in La Jolla, California, USA, on January 27-29, 1993. It was further agreed that the meeting of the IRP would be preceded by a meeting of legal experts and economists, on January 25-26, 1993, who would address the problem of dealing with nations not in compliance with the International Dolphin Conservation Program which was initiated at the 50th meeting of the IATTC, held in La Jolla, California, USA, on June 16-18, 1992.

## ADMINISTRATION

### BUDGET

At its 47th meeting, held in Washington, D.C., USA, on June 26-28, 1990, the Commission unanimously approved the budget for the 1991-1992 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$4,403,307. However, the final amount received from the member nations during the 1991-1992 fiscal year was \$3,173,180, a shortfall of \$1,230,127 relative to the amount which was recommended and approved. As a consequence, some planned research had to be limited.

### FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1991-1992 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 3 of this report.

## INTER-AGENCY COOPERATION

During 1992 the scientific staff of the Commission continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on the local, national, and international level. This contact enabled the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The Commission's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography, University of California, La Jolla, California, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for state and federal agencies involved in fisheries, oceanography, and ancillary sciences. This situation provides the staff an excellent opportunity to maintain frequent contact with scientists of these organizations. Dr. Richard B. Deriso of the IATTC staff supervised the research of some students at Scripps Institution of Oceanography during 1992.

The cordial and productive relationships which this Commission has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacifico Sur (CPPS), the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), the South Pacific Commission (SPC), and other international bodies have continued for many years. For example, three staff members served as members of the FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Ocean Tuna Fisheries, sponsored by FAO. One of them served as Chairman of the working group on eastern Pacific yellowfin and Co-chairman of the working group on skipjack and another served as Chairman of the working group on northern bluefin.

Also during 1992, the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in many non-member countries in various parts of the world. For example, an International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, was held at Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, USA, on February 11-14, 1992. This workshop was organized by the IATTC staff and sponsored by Bumble Bee Seafoods, Inc., of San Diego. Dr. Martín A. Hall of the IATTC staff served as a member of the U.S. National Academy of Sciences Committee on Reducing Porpoise Mortality from Tuna Fishing from 1989 to 1992. A book describing the work of that committee was published by the National Academy Press in 1992.

Also, Dr. James Joseph was appointed in 1992 as a member of the Committee on Fisheries of the Ocean Studies Board of the U.S. National Academy of Sciences. Dr. Ashley J. Mullen of the IATTC staff gave a series of lectures entitled "Modeling as Applied to Fisheries for Stock Assessment and Prediction." These lectures constituted the second week of a three-week workshop, "Latin American Workshop on Natural Resource Modeling and Analysis," co-sponsored by the Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) and the Resource Modelling Association and held at CICESE, Ensenada, Mexico, on July 6-24, 1992. Drs. Richard B. Deriso and William H. Bayliff served on *ad hoc* committees to evaluate proposed research by the U.S. National Marine Fisheries Service. Since 1977 the IATTC staff has been training observers for placement aboard tuna vessels to collect data on abundance, mortality, and other aspects of the biology of dolphins. Government organizations, educational institutions, and industry representatives from the various countries involved have cooperated fully in the training and placement of these observers. Over the years scientists and students from many countries have spent several weeks or months at the Commission's headquarters in La Jolla and at its laboratory in Achotines, Panama, learning new research methods and conducting research utilizing IATTC facilities and data files. The visitors whose stays amounted to 2 weeks or more are listed in the section entitled **VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS**. Also, IATTC scientists have often rendered assistance with research on fisheries for tunas or other species to scientists of other countries while on duty travel to those countries, and occasionally have travelled to other countries for the specific purpose of assisting with their research programs.

The establishment by the Commission of a research facility in Panama, described in the section entitled **FIELD STATIONS**, is giving the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. The presence of Commission scientists at this laboratory has made it possible to provide assistance to local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, *e.g.* snappers. Considerable progress has been made in the snapper program; this subject is discussed in the section entitled *Snapper resource studies*.

### VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS

Mr. Michael G. Hinton of the IATTC staff completed a 7-week assignment with the National Research Institute of Far Seas Fisheries in Shimizu, Japan, on January 13, 1992. While there he worked with Dr. Hideki Nakano of that organization on studies of billfishes.

Dr. Arne Bjørge, a biologist from the Ministry of the Environment of Norway, completed a 2 1/2-month stay at IATTC headquarters in La Jolla on February 24, 1992. Dr. Bjørge conducted his own research on marine mammals and discussed research projects with IATTC and U.S. NMFS biologists.

Mr. Eduardo Espinoza, a recent graduate of the Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, spent the period of January 15-April 15, 1992, at the IATTC headquarters in La Jolla, where he worked with IATTC staff members on data on sea-turtles in the eastern Pacific Ocean.

Mr. Robert W. Thacker, a graduate student at the University of Michigan, spent the period of February 7-March 31, 1992, at the Achotines Laboratory, where he studied the behavior of land hermit crabs, *Coenobita compressus*.

Mr. Sergei Yu. Leontiev, an employee of VNIRO (All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography), Moscow, Russia, spent the period of February 21-June 5, 1992, at the IATTC headquarters in La Jolla, and Dr. Feodor F. Litvinov, an employee of AtlantNIRO (Atlantic Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography), Kaliningrad,

Russia, spent the period of September 7-October 9, 1992, at the IATTC headquarters. They studied the methods used by the IATTC to carry out its research, so that they can apply these methods to the surface fishery for tunas in the Indian and Atlantic Oceans.

Ms. Lourdes Gonzalez, a third-year biology student at the University of Panama, spent the period of April 1-May 22, 1992, at the Achotines Laboratory, where she received training in most of the routine laboratory operations and procedures for culturing fish and plankton. Ms. Gonzalez hopes to return in 1993 to collect data for a thesis project.

Dr. Daniel Margulies and Ms. Jeanne B. Wexler participated in a research and training program in Japan during the period of September 7-October 24, 1992. They were based at the Japan Sea Farming Association's (JASFA) Yaeyama Station on Ishigaki Island, where they participated with JASFA personnel in studies of the culture and development of yellowfin eggs and larvae. These activities are described in the section entitled *Early life history studies*.

### FIELD STATIONS

The Commission maintains field offices in Manta, Ecuador; Ensenada, Baja California, and Mazatlan, Sinaloa, Mexico; Panama, Republic of Panama; Trujillo, Peru; Terminal Island, California, and Mayaguez, Puerto Rico, USA; and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to obtain catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and assist with the training and placement of observers aboard vessels participating in the Commission's Tuna-Dolphin Program. This work is carried out not only in the above-named ports, but also in other ports in Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Panama, Peru, Puerto Rico, and Venezuela, which are visited periodically by these employees.

In addition, the Commission maintains a laboratory at Achotines Bay, just west of Punta Mala on the Azuero Peninsula of Panama. The Achotines Laboratory is used principally for studies of the early life history of tunas. Such studies are of great importance, as acquisition of knowledge of the life history of tunas prior to recruitment into the fishery would eliminate much of the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The Commission plans to enlarge the laboratory facilities so that there will be adequate space for investigators from other agencies, such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos, the University of Panama, *etc.*

### PUBLICATIONS

The prompt and complete publication of research results is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings of the IATTC staff. The publication of basic data, methods of analysis, and conclusions afford the opportunity for critical review by other scientists, ensuring the soundness of the conclusions reached by the IATTC staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research. By the end of 1992 the IATTC staff had published 134 Bulletins, 41 Annual Reports, 7 Special Reports, 6 books, and 385 chapters and articles in books and outside journals. The contributions by staff members published during 1992 are listed in Appendix 4 of this report.

## THE FISHERY

### STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

The IATTC staff is concerned principally with the eastern Pacific Ocean (EPO), defined as the area between the mainland of North, Central, and South America and 150°W.

Statistical data from the Commission's field stations are continuously being collected and processed. As a result, estimates of fisheries statistics with varying degrees of accuracy and precision are available. Because it may require a year or more to obtain some final information, and because the staff has been updating the data for earlier years, the annual statistics reported here are the most current, and supersede earlier reported statistics. The weights of fish are reported in short tons.

Annual estimates of the catches of the various species of tunas and other fishes landed by vessels of the EPO tuna fleet (see next section) are shown in Table 1. This table includes only the catches by surface gear, except that Japanese longline catches of yellowfin, *Thunnus albacares*, in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA, Figure 1) are included. The catch data for yellowfin in the CYRA and skipjack, *Katsuwonus pelamis*, and bluefin, *Thunnus thynnus*, in the EPO are essentially complete except for insignificant catches of all three species made by the sport and artisanal fisheries, and insignificant catches of skipjack and bluefin by the longline fishery. The western Pacific and Atlantic Ocean catch data in Table 1 are not total catch estimates for those waters because data for vessels which had not fished in the EPO during the year in question are not included. Also, substantial amounts of yellowfin taken by longlines in the EPO outside the CYRA and large amounts of bigeye, *Thunnus obesus*, taken by longlines in the EPO are not included in Table 1; those catches are included in Tables 22 and 34, however.

There were no restrictions on fishing for tunas in the EPO during the 1979-1991 period, so the statistics for 1992 are compared to those of 1979-1991. During this period, there was a major El Niño event that began in late 1982 and persisted until late 1983. The catch rates in the EPO were low during the El Niño, which caused a shift of fishing effort from the eastern to the western Pacific, and the fishing effort remained relatively low during 1984-1986.

The average annual yellowfin catch in the CYRA during the 1979-1991 period was 205.0 thousand short tons (range: 91.4 to 294.7). The preliminary estimate of the 1992 yellowfin catch in the CYRA is 241.0 thousand tons. During the 1979-1991 period, the annual yellowfin catch from the area between the CYRA boundary and 150°W has averaged 28.1 thousand tons (range: 13.5 to 51.9). The preliminary estimate of the yellowfin catch from this area for 1992 is 20.1 thousand tons. The estimated 1992 yellowfin catch from the EPO, 261.1 thousand tons, is well below the maximum of 319.2 thousand tons taken in 1989, although it exceeds the 1979-1991 average, 233.1 thousand tons.

The average annual distribution of logged catches of yellowfin by purse seiners in the EPO during the 1979-1991 period is shown in Figure 2, and a preliminary estimate for 1992 is shown in Figure 3. As fishing conditions change throughout the year, the areas of greatest catches vary. The catch of yellowfin during the first quarter of 1992 was generally restricted to regions inside the CYRA, primarily in nearshore areas and along the Inter-Tropical Convergence Zone. Additionally, good fishing occurred offshore at about 10°S to 18°S between 80°W and 90°W. During the second quarter, catches continued to be made nearshore, with areas of high catches occurring between about 10°N and 23°N. The catches during the second quarter increased in offshore areas between about 5°N and 15°N from 120°W to 140°W. During the third

quarter, the catches were fairly uniformly distributed between about 6°N and 15°N from 84°W to 140°W, with some areas of high catches near the coast, particularly near the southern tip of Baja California. During the fourth quarter, fishing was again taking place primarily within the CYRA, with a distribution much like that observed during the first quarter, except that the fishing remained good around the tip of Baja California, and catches offshore south of 5°S were no longer being made.

During the 1979-1991 period the skipjack catch in the EPO averaged 92.4 thousand tons (range: 54.5 to 145.5). The preliminary estimate of the skipjack catch in the EPO in 1992 was about average, at 93.6 thousand tons.

The average annual distribution of logged catches of skipjack by purse seiners in the EPO during the 1979-1991 period is shown in Figure 4, and a preliminary estimate for 1992 is shown in Figure 5. The skipjack catches in 1992 were concentrated in two areas: between about 5°S and 10°N from the coast to 90°W; between about 10°S and 15°S from 80°W to 90°W.

While yellowfin and skipjack comprise the most significant portion of the catch made in the EPO, bluefin, bigeye, albacore, *Thunnus alalunga*, black skipjack, *Euthynnus lineatus*, bonito, *Sarda orientalis*, and other species contribute to the overall harvest in this area. The total catch of these other species in the EPO was about 10.5 thousand tons in 1992, as compared to the 1979-1991 average of 17.4 thousand tons (range: 8.2 to 32.7). The estimated catch of all species in the EPO in 1992 was about 365.2 thousand tons.

Tuna vessels fishing in the EPO occasionally fish in other areas in the same year. In 1992, various vessels which were part of the EPO tuna fleet also fished in the eastern Pacific and/or in the Atlantic and Caribbean. The 1979-1991 median catch by these vessels in the western Pacific was about 6.4 thousand tons (range: 0.3 to 83.6), and in the Atlantic and Caribbean about 9.4 thousand tons (range: 0.5 to 17.3). The maximum catches made in other areas by vessels of the EPO tuna fleet were made in 1983, the year of the lowest total catch in the EPO (180.4 thousand tons) since 1960 (173.6 thousand tons). Preliminary estimates indicate that the 1992 total catches in these areas by vessels of the EPO tuna fleet were about 0.1 thousand tons in the western Pacific and 5.1 thousand tons in the Atlantic and Caribbean.

The 1991 and preliminary 1992 catches in the EPO, by flag, and landings of fish caught in the EPO, by country, are given in Tables 2 and 3. The landings are fish unloaded during a calendar year, regardless of the year of catch. The country of landing is that in which the fish were unloaded from the fishing vessel or, in the case of transshipments, the country which received the transshipped fish. In 1992, 92 percent of the EPO yellowfin catch of 261.1 thousand tons was made in the CYRA, with Mexican-, Venezuelan-, and Vanuatu-flag vessels harvesting 39, 17, and 13 percent, respectively, of the total EPO catch.

Preliminary landings data indicate that of the 364.0 thousand tons landed in 1992, 125.6 thousand tons (35 percent) were landed in Mexico. The landings in Ecuador (73.1 thousand tons; 20 percent) and Venezuela (47.7 thousand tons, 13 percent) were next in terms of magnitude. Other countries with significant landings of tunas caught in the EPO included Costa Rica and the United States. It is important to note that when final information is available, the landings currently assigned to various countries may change due to exports from storage facilities to processors in other nations.

Under the terms of the convention which established the Inter-American Tropical Tuna Commission, monitoring the condition of the stocks of tunas and other species taken in the EPO by tuna fisheries is the primary objective of the Commission's research. Taking into consideration the extensive movements of the tunas, the mobility of the vessels of the tuna fleets of various nations, and the international nature of the tuna trade, statistics on the catch and effort

from the EPO must be viewed in the light of global statistics. Statistics for the global catches of tunas and related species for 1991, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 6 and 7. Statistics of the catches of the principal market species of tunas during 1975-1991, by oceans, appear in Table 4 and Figure 8. Most of these statistics were obtained from annual yearbooks of fisheries statistics published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

## THE EASTERN PACIFIC TUNA FLEET

The IATTC staff maintains records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels which fish for yellowfin, skipjack, or bluefin tuna in the EPO. Records are not maintained for Far East-flag longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes or launches. The EPO surface fleet described here includes vessels which have fished all or part of the year in the EPO for yellowfin, skipjack, or bluefin.

The owner's or builder's estimates of the vessel carrying capacities are used until landing records indicate that revision of these is appropriate. The vessels are grouped, by carrying capacity, into the following size classes for reporting purposes: class 1, less than 51 tons; class 2, 51-100 tons; class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; and class 6, more than 400 tons. (These are not to be confused with the eight size groups used for calculation of the catch per ton of carrying capacity in the section entitled *Catch per ton of carrying capacity*.) Except for longliners and miscellaneous small vessels mentioned in the previous paragraph, all vessels which fished in the EPO during the year are included in the annual estimates of the size of the surface fleet.

Until about 1960 fishing for tunas in the EPO was dominated by baitboats operating in the more coastal regions and in the vicinity of offshore islands. During the late 1950s and early 1960s most of the larger baitboats were converted to purse seiners, and by 1961 the EPO surface fleet was dominated by these vessels. During the 1961-1992 period the number of baitboats decreased from about 100 to about 20, and the capacity decreased from about 10 thousand to about 1.7 thousand tons. During the same period the number of purse seiners increased from about 125 to about 150, and the capacity increased from about 30 thousand to about 110 thousand tons. The peak in numbers and capacity of purse seiners occurred during the 1978-1981 period, when the number of these vessels ranged from 248 to 268 and the capacity from 181 to 185 thousand tons (Table 5).

The construction of new and larger purse seiners, which began during the mid-1960s, resulted in an increase in the fleet capacity from 46.3 thousand tons in 1966 to 184.6 thousand tons in 1976. During the 1977-1981 period the fleet capacity remained fairly stable, increasing by only about 1.6 thousand tons. During this period the construction of new vessels continued, but the new capacity was offset by losses due to sinkings and vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet capacity declined by 16.2 thousand tons as vessels were deactivated or left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific. This trend continued through 1983 as the catch rates in the EPO declined, due primarily to anomalous ocean conditions during 1982-1983. During 1983 the fleet capacity declined by 28.8 thousand tons, and in 1984 it declined an additional 25.4 thousand tons. The fleet capacity in 1984, about 116.5 thousand tons, was the lowest it had been since 1971. In 1985, however, due primarily to the return of vessels from the western Pacific, the capacity increased to about 129.7 thousand tons. In 1986 the fleet capacity decreased slightly to about 124.5 thousand tons. During 1987 several vessels were activated, and others returned to the EPO fishery from the western Pacific, causing the fleet capacity to increase to

146.0 thousand tons. This trend continued in 1988, resulting in a fleet capacity of 151.4 thousand tons. This was the greatest fleet capacity observed since 1982. In 1989 the fleet capacity dropped to about 136.6 thousand tons. In 1990 the fleet capacity remained about the same, 137.6 thousand tons. This fleet capacity was not present in the EPO through the entire year, however. In the spring of 1990 the U.S. tuna canning industry adopted a policy of not purchasing tunas caught in association with dolphins (U.S. canners' dolphin-safe policy). This caused many of the U.S.-flag vessels fishing in the EPO to leave the fishery and enter the fisheries in the Atlantic or western Pacific. The U.S. canners maintained their dolphin-safe policy through 1992, and there was a continuing decrease in U.S.-flag vessels fishing in the EPO.

The 1991 and preliminary 1992 data for numbers and carrying capacities of surface-gear vessels of the EPO tuna fleet are shown in Table 6. The EPO tuna fleet was dominated by vessels operating under the Mexican, Venezuelan, and United States flags during 1991, with about 80 percent of the total capacity of the fleet flying the flags of those nations. In 1990 the U.S.-flag fleet included 29 large purse seiners, but following adoption of the U.S. canners' dolphin-safe policy, this number decreased to only 13 in 1991 and 8 in 1992, and the fleet was dominated by Mexican-, Venezuelan-, and Vanuatu-flag vessels. The Mexican-flag fleet was the largest in both 1991 and 1992, with about 40 to 45 percent of the total capacity, while Venezuelan-flag vessels comprised about 15 to 20 percent of the total capacity. The U.S. canners' dolphin-safe policy does not appear to have significantly affected the sizes of the other fleets operating in the EPO. The majority of the total capacity of the EPO tuna fleet consists of purse seiners with capacities of over 400 tons. This group of vessels comprised about 90 percent of the total fishing capacity operating in the EPO in both 1991 and 1992.

The average, minimum, and maximum tons of fleet capacity at sea (CAS) by month for the EPO during 1979-1991, and the 1992 values, are shown in Figure 9. These monthly values are the averages of the CAS estimates given in weekly reports prepared by the IATTC staff. The values for the 1979-1991 period were chosen for comparison with those of 1992 because the earlier years, when regulations were in effect, had somewhat different temporal distributions of effort due to restriction of yellowfin fishing in the CYRA. Overall, the 1992 CAS values are significantly less than the 1979-1991 averages. This reduction is attributed to the reduction in the number of U.S.-flag vessels participating in the fishery, due to the U.S. canners' dolphin-safe policy previously discussed.

### REGULATION OF THE FISHERY

During past years catch quotas for yellowfin tuna for the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA, Figure 1) have been recommended by the IATTC staff and variously adopted in Commission resolutions and implemented by the countries participating in the fishery. Quotas for 1966 through 1979 were adopted and implemented. Agreement on a quota for 1979 was reached so late that it was ineffective, however. At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; it subsequently agreed to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director, but the quota was not implemented. At the 38th through 43rd meetings the IATTC staff recommended quotas of 160,000 tons for 1981 and 1982, 170,000 tons for 1983, 162,000 tons for 1984, 174,000 tons for 1985, and 175,000 tons for 1986, with provisions for increases by the Director based on findings of the staff regarding the status of the stock. These quotas were adopted, but not implemented. At the 44th meeting, due to special circumstances which resulted in unusually great abundance of yellowfin in the eastern



Pacific Ocean, the IATTC staff did not recommend a quota for 1987, but emphasized that catch quotas would almost certainly be necessary in the future. At its 45th through 47th meetings and its 49th meeting, the staff recommended quotas of 190,000 tons for 1988, 220,000 tons for 1989, 200,000 tons for 1990, and 210,000 tons for 1991, with provisions for increases by the Director based on findings of the staff regarding the status of the stock. These quotas were adopted, but not implemented. At its 50th meeting, held in June 1992, the staff recommended a quota of 210,000 tons, with the option to increase the limit by four increments of 20,000 tons each. The quota was again adopted (see resolution on page 17), but not implemented.

It has not been demonstrated to date that there is a need for conservation measures for the other species of tunas harvested in the EPO.

## RESEARCH

### TUNA AND BILLFISH BIOLOGY

#### *Annual trends in catch per unit of effort (CPUE)*

Catch per days fishing (CPDF) and catch per standard days fishing (CPSDF) are used by the IATTC staff as indices of apparent abundance and as general measures of fishing success. The data are obtained from logbook records supplied by most of the vessels which fish for tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO). The data which do not meet certain criteria for species composition and accuracy are eliminated from consideration before proceeding with the calculations. During the 1950s, when most of the catch was taken by baitboats, catch and CPDF data for baitboats of different size classes were standardized to calculate the CPSDF for Class-4 baitboats (vessels with capacities of 201-300 short tons of frozen tuna). Later, when most of the baitboats were converted to purse seiners, the catch and CPDF data for purse seiners were standardized to calculate the CPSDF for Class-3 purse seiners (vessels with capacities of 101 to 200 tons). The next steps, as smaller vessels were replaced by larger ones, were calculation of the CPSDF for Class-6 purse seiners (vessels with capacities of more than 400 tons) and finally calculation of the CPDF for Class-6 purse seiners, ignoring the data for the smaller vessels. The CPDF and CPSDF may be influenced by such factors as spatial and temporal changes in fishing strategy, distribution of effort, vulnerability of the fish to capture, and market demand for different species or sizes of fish. Some of these changes have been estimated and adjusted for, and others, such as those due to environmental conditions, are assumed to average out over the long term.

CPUE data for 1959-1992 for yellowfin and skipjack combined are shown in the top panel of Figure 10. The data for 1968-1992 are CPDF data for Class-6 purse seiners. Those for 1959-1967 are CPSDF data for Class-4 baitboats, multiplied by 2.82 to adjust for the fact that Class-6 purse seiners are about 2.82 times as efficient as Class-4 baitboats. The adjustment factor of 2.82 was calculated from CPDF data for yellowfin and skipjack combined for Class-6 purse seiners and Class-4 baitboats fishing in the same area-time strata during the 1965-1974 period, when there were sufficient numbers of both types of vessels in the fishery. Because the 1968-1992 data are CPDF data for Class-6 vessels and those for 1959-1967 are adjusted to the equivalent of CPDF for Class-6 vessels, they will henceforth be referred to as CPDF data.

The total catches of yellowfin and skipjack taken by all surface gear east of 150°W combined for each year were divided by the CPDF for both species for unregulated trips to estimate the total effort in Class-6 purse-seine days. These estimates of total effort were divided into the total catch of yellowfin and the total catch of skipjack to obtain the CPDF for each species separately. These are shown in the middle and bottom panels of Figure 10.

### ***Yellowfin***

The preliminary CPDF value of 14.7 tons per day for 1992 is the second greatest on record, exceeded only by that for 1986 (16.3 tons per day). During the 1959-1972 period the CPDF ranged from about 9 to 14 tons per day, with lows in 1959, 1962, and 1971 and highs in 1960, 1968, and 1969. Beginning in 1973, the CPDF began to decline, reaching a low of 4.9 tons in 1982. Since then there has been a remarkable recovery. The fishery has changed considerably since the 1960s, however, so caution should be used in comparing the data for the earlier years with those for the more recent ones. The principal problem is caused by the fact that the baitboat fishery operates relatively near shore and almost entirely north of 15°N, whereas the purse-seine fishery operates also far offshore and as far south as about 20°S. The values in Figure 10 differ somewhat from those in Table 25 because the values in the figure were obtained by a procedure involving the total catches of yellowfin and skipjack by the surface fishery, as explained above, whereas those in the table were obtained by dividing the logged yellowfin catch by purse seiners by the logged effort by purse seiners.

### ***Skipjack***

During the 1959-1968 period the CPDF for skipjack averaged about 10 tons per day, with a high of 16.0 tons in 1967 and a low of 5.5 tons in 1960 (Figure 10). During the late 1960s many small purse seiners were replaced by larger ones which found it more profitable to fish in areas where yellowfin were more abundant and skipjack less so, which resulted in lower CPDF values for skipjack. During the 1969-1992 period the average CPDF was about 4 tons per day, with a high of 7.5 tons in 1971 and lows of 2.4 tons in 1972 and 1973. The 1992 value of 5.3 tons per day is the highest since 1978. As is the case for yellowfin, caution should be used in comparing the data for earlier and later years. In addition to the probable bias caused by the fact that the effort was directed more toward yellowfin and less toward skipjack during the more recent years, there is the problem caused by the restricted range of the baitboat fishery mentioned in the yellowfin section above.

### ***Catch per ton of carrying capacity***

The eastern Pacific Ocean (EPO) tuna fleet's total catch per ton of carrying capacity (CPTCC) provides an index of trends in annual relative gross income for vessel size groups. To provide more detail in this index than would be available if the Commission's historical six classes of vessel capacity classification were used, the following size groups have been identified: 1, <301 tons; 2, 301-400 tons; 3, 401-600 tons; 4, 601-800 tons; 5, 801-1000 tons; 6, 1001-1200 tons; 7, 1201-1400 tons; and 8, >1400 tons.

CPTCC estimates for 1980-1992 period are presented in Table 7 for the EPO and for all ocean fishing areas from which vessels of the EPO tuna fleet harvested fish, by size group, area, and species. Yellowfin and skipjack contribute the most to the CPTCC for the larger vessels, while other species, which include other tunas as well as miscellaneous fishes, make up an important part of the CPTCC of the smaller vessels in many years. In earlier years, and in years when the majority of the EPO tuna fleet exerts most of its fishing effort in the EPO, the CPTCCs for the EPO and all ocean fishing areas are nearly the same. During the 1980-1991 period the pooled CPTCC in the EPO for all vessels and all species averaged 2.5 tons of fish per ton of carrying capacity, with a range of 1.7 to 3.2; for yellowfin it averaged 1.7 tons, with a range of 0.9 to 2.4; and for skipjack it averaged 0.7 tons, with a range of 0.5 to 0.9. The preliminary estimates for 1992 are 3.3, 2.3, and 0.9 tons for all species, yellowfin, and skipjack, respectively.

### ***Standardization of catch rates of yellowfin***

An alternative to catch per day's fishing (CPDF) as an index of relative annual abundance of yellowfin is described in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 3. With the alternative index, each observation of catch rate is defined as the tons of yellowfin caught in a set divided by the hours of searching since the last set. In order to estimate the average abundance over each entire year and the entire eastern Pacific Ocean (EPO) the data are weighted so that each 5-degree quadrangle-month receives a weight proportional to the surface area of ocean in it and each hour of searching receives approximately equal weight within a 5-degree quadrangle-month. Then a generalized linear model is used to estimate the annual variation in the catch rates independent of trends in vessel efficiency, environmental conditions, and modes of fishing.

Data exist for many factors which could conceivably influence the yellowfin catch rates. The following factors were investigated, using data for 1970-1985: vessel speed and capacity, whether the vessel had a helicopter, whether it had sonar, net length and depth, vessel captain, sea-surface temperature, wind speed and direction, location and time of fishing, set type (fish in free-swimming schools, fish associated with dolphins, or fish associated with floating objects), and whether skipjack were also caught. After the factors which did not have important effects were eliminated, the model included the effects of year, vessel speed, search classification, season-area, and the interaction between search classification and season-area. Search classification (Table 8) is based on set type and whether skipjack were caught. Season-area is described in Figure 11. The year effects are the annual differences in catch rates not attributable to the other variables in the model. They serve as indices of abundance standardized by the other variables.

As shown in Figure 12, the trend of the indices has both differences from and similarities to the trend for CPDF. The indices from the linear model do not have the large fluctuations during 1970-1974 that CPDF has; however, they both show a sharp decline in 1975 and a sharp recovery in 1976. Both the decline in 1976-1982 and the increase during 1983-1986 are more gradual for the indices from the linear model. It appears that when the fishery switches from fishing for dolphin-associated fish to fishing for fish associated with floating objects, as it did during 1974-1982, CPDF provides a lower estimate of yellowfin abundance than does the searching method, and that when the fishery switches back to dolphin-set fishing, as it did during 1985-1992, CPDF provides a higher estimate of yellowfin abundance.

The IATTC staff has been working with Dr. Stephen E. Pazan of the Joint Environmental Data Analysis (JEDA) Center and Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, and Dr. Paul Fiedler of the U.S. National Marine Fisheries Service, La Jolla, California, exploring the relationships between vertical temperature profiles and the abundance and vulnerability to capture of yellowfin. JEDA has provided interpolated data for temperature at depth for most 2-degree (latitude) by 5-degree (longitude) quadrangles in the EPO for each bimonthly period from 1979 through 1988. In addition, JEDA has provided interpolated data for the depth of the mixed layer, thermocline (maximum gradient), and 14° and 20°C (57° and 68°F) isotherms for the same spatiotemporal strata. Dr. Fiedler has provided similar data, plus wind data by 2- by 2-degree quadrangle-months, for 1979-1990. Unfortunately, errors have been found in both data sets, and these were still in the process of being corrected at the end of 1992.

The primary objectives of the thermal structure studies are to:

1. Determine which environmental factors are related to the abundance and horizontal distribution of yellowfin, and which factors affect their vertical distribution and vulnerability to capture by purse-seine and longline vessels.
2. Standardize the catch rates by the factors which affect their vulnerability to capture, in order to make the catch rates better estimates of their abundance.

3. Define yellowfin habitat by the factors which are related to their abundance.
4. Carry out Objectives 1-3 on data for different age groups of yellowfin, since fish of different sizes may respond differently to thermal conditions.
5. Examine the thermal structure in spatiotemporal strata in which large yellowfin not associated with dolphins are caught at the surface.

### ***Size composition of the catch***

Length-frequency samples are the basic source of data used in estimating the size and age composition of the various species of fish in the landings. This information is necessary to obtain age-structured estimates of the population for various purposes, including age-structured population modelling. The results of age-structured population modelling can be used to estimate recruitment, which can be compared to spawning biomass and oceanographic conditions. Also, the estimates of mortality obtained from age-structured population modelling can be used, in conjunction with growth estimates, for yield-per-recruit modelling. The results of such studies have been described in several IATTC Bulletins and in all of its Annual Reports since 1954.

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, northern bluefin, bigeye, and black skipjack from the purse-seine and baitboat catches made in the eastern Pacific Ocean (EPO) are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, the USA (California and Puerto Rico), and Venezuela. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled in 1954, and sampling has continued to the present.

The staff collected and processed 756 yellowfin, 300 skipjack, 2 bluefin, 23 bigeye, and 7 black skipjack samples from the 1992 catch. Most of these were 50-fish samples. For both yellowfin and skipjack, the length-frequency samples are stratified by market-measurement areas (Figure 13), month, and gear. Sampling within each stratum is done in two stages, with a boat "unit" (usually a well or a pair of wells) as the first stage and individual fish as the second stage. The units within strata are sampled randomly, and fish selected randomly from each sampled unit are individually measured. The total number of fish in each length group in a sampled unit is estimated by dividing the total catch, in weight, in the unit by the average weight of sampled fish in the unit and then multiplying this quotient by the fraction of the sampled fish in that length group. The stratum totals, in numbers of fish, for each length group are obtained by summing the totals for each sampling unit and multiplying this total by the ratio of the weight of the logged catch of the stratum to the sum of the weight of the sampled units. The quarterly and annual totals are obtained by summing the data for all the sampled strata for the quarter or year in question. The quarterly and annual average weights are obtained by summing over all the length groups in the quarterly or annual estimates and dividing this sum into the sum of the weights of the catches for all the sampled strata. These procedures are explained in more detail in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 6.

Figure 14 consists of histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, in the market-measurement areas of the CYRA (all areas except 10 and 11 in Figure 13) in 1992. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. The distributions differ considerably from area to area. In Areas 1, 8, and 6 more than 50 percent of the catch, by weight, was less than 100 cm in length. In the other areas the opposite was the case. Area 8 had a prominent mode between 60 and 80 cm, and this mode also appears to have been present in Areas 4, 5, 6, and 7. In Areas 4, 5, and 13, however, the most conspicuous modes were between 100 and 130 cm. In Areas 6, 7, and 13 there were relatively few fish between 80 and 110 cm caught, and the prominent modes tended to be toward the ends of the distributions.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, in the CYRA for each year of the 1987-1992 period appear in Figure 15. In 1992 the average weight of yellowfin caught in the CYRA was 25.3 pounds (11.5 kg). This was 2.6 pounds (1.2 kg) more than the average of the 1987-1991 annual values.

Figure 16 consists of histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, in the area between the CYRA boundary and 150°W (Areas 10 and 11 of Figure 13) for each year of the 1987-1992 period. The 1992 distribution was quite flat between 100 and 150 cm, lacking the prominent modal group between 120 and 150 cm which was present during 1987 through 1991. The average weight for 1992, 43.2 pounds (19.6 kg) was 18.4 pounds (8.3 kg) less than the average of the 1987-1991 annual values, and is the lowest since 1983. In 1992, as in previous years, the catch from this area had a greater proportion, by weight, of fish 100 cm or greater in length than did the CYRA catch. The percentages of the total weights of fish which consisted of fish 100 cm or greater in length were 51 for the CYRA and 74 for the area west of the CYRA.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught, by 1-cm intervals, in the market-measurement areas of the EPO in 1992 appear in Figure 17. The data for the four northernmost areas (1, 8, 2, and 4) have been combined due to low catches in all of them. The greatest catches occurred in Areas 6 and 13, which together accounted for approximately 79 percent of the total catch. Area 6 had two prominent modes, one between 40 and 45 cm and the other between 50 and 60 cm. Area 13 had one prominent mode centered at approximately 45 cm.

Figure 18 consists of histograms showing the estimated tons of skipjack caught, by 1-cm intervals, in the entire EPO for each year of the 1987-1992 period. In 1992 the average weight of skipjack caught in the EPO was 5.7 pounds (2.6 kg). This was 1.6 pounds (0.7 kg) less than the average of the 1987-1991 annual values, and is the lowest since 1983.

Northern bluefin are caught off California and Baja California from about 23°N to 35°N, with most of the catch occurring during May through October. In 1992 bluefin were caught only between 30°N to 34°N, and catches were made during July through October. The 1992 catch of approximately 2,000 tons was the greatest since 1986. Histograms showing the estimated catch of bluefin, by 2-cm intervals, for each year of the 1987-1992 period appear in Figure 19.

The surface catch of bigeye is incidental to that of yellowfin and skipjack, and the total catches (Table 1) and numbers of length-frequency samples are much less than those for yellowfin and skipjack. Histograms showing the estimated catch of bigeye, by 2-cm intervals, for each year of the 1987-1992 period appear in Figure 20.

The annual length-frequency distributions of black skipjack measured during 1987-1992 are shown in Figure 21. The catch of black skipjack is incidental to the catches of yellowfin and skipjack, and most of it is discarded or not sold through the usual processors, so no attempt has been made to estimate the catches by size intervals.

### ***Weight-length relationships for yellowfin and skipjack***

In 1990, a study was initiated to obtain further information on the effects of time (year, season, and time of day), area, and type of school on the weight-length relationships of yellowfin and skipjack in the eastern Pacific Ocean (EPO). This study is based upon measurements made on 10,073 yellowfin 25 to 170 cm in length and 4,207 skipjack 30 to 80 cm in length, collected from May 1990 to January 1992. The sampling was performed opportunistically on purse seine-caught fish landed at Ensenada and Mazatlan, Mexico, and Mayaguez, Puerto Rico. Preliminary analyses show that almost all categories of time-area-school type are significantly different. In particular, fish caught in the vicinity of floating objects are lighter than those of the same

lengths caught with dolphins or in unassociated schools. Since sets made in the vicinity of floating objects are usually initiated before 8:00 a.m., and the other types later in the day, tests with the data stratified by time of day are being made. Fish caught early in the morning appear to be lighter than those of the same lengths caught later in the day, regardless of the type of set, but there are few data for the analyses.

Since several scientists who have worked with weight-length relationships have suggested that different relationships exist for males and females, a separate study to determine if this is the case in the EPO is under way. So far, 464 yellowfin (253 males and 211 females) and 129 skipjack (69 males and 60 females) have been sampled.

### ***Computer simulation studies***

The Schaefer model (IATTC Bulletin, Vol. 1, No. 2, and Vol. 2, No. 6) is an important tool for estimating the production of fish from a time series of catch and effort data. Age-structured modelling can sometimes produce more precise estimates of the production, but such estimates are available only after a delay which is inherent to the method. Production models, such as that of Schaefer, are also effective for estimation of maximum sustainable yields.

The modelling efforts with yellowfin have generally been successful, although twice, once after 1968 and once after 1983, the productivity of the fishery appeared to have increased. Accordingly, the parameters of the model were recalculated twice, the first time eliminating the data for the years prior to 1969 and the second time eliminating the data for the years prior to 1984. The apparent increase in productivity that was seen after 1968 is the result of a geographical expansion of the fishery which took place at that time. The more recent apparent increase in productivity is more difficult to explain. There are two hypotheses which attribute the change to a modification in the fishing process.

Although the range of the fishery has not increased since 1983, the pattern of exploitation has changed, more effort having been directed to the offshore area where the fish are usually associated with dolphins. It is possible that the redistribution of effort has brought about more effective exploitation of the potential production of the region. An alternative hypothesis is suggested by the fact that fish caught in association with dolphins tend to be larger than those caught in association with floating objects and those caught in association only with other fish. Studies described elsewhere in this report indicate that an increased yield per recruit occurs when a greater portion of the catch consists of fish caught in association with dolphins.

It is frequently observed that a range of parameter sets will give reasonable fits of the model to any data set. Two sets of data were generated by computer, one with catches from a mixture of fish caught with and without dolphins and the other with catches only from fish associated with dolphins (IATTC Annual Report for 1991: 24), and it was found that a single set of parameters would fit both. Thus the change caused by the shift toward catching more fish associated with dolphins would be insufficient to necessitate recalculation of the parameters of the model.

A series of spatial models has been developed to address the effect of the geographical redistribution of effort. For most fisheries models, it is assumed that a stock of fish consists of a single population which is uniformly vulnerable to fishing effort. Indeed, a "stock" is defined as a population that can be managed as a single entity. However, this assumption of uniform vulnerability must be considered an approximation, at best, because fish are not directly vulnerable to fishing effort which is not in their immediate vicinity. Before 1969, fishing was confined to the coastal area of the eastern Pacific Ocean (EPO), but the catch was greater than the amount of yellowfin produced by that area; it was sustained by the immigration of fish from unexploited

areas. A simple one-dimensional model of the pre-1969 fishery was constructed in which fish were assumed to disperse at a constant rate within an environment with a uniform carrying capacity. The underlying population dynamics of the production model were described by the symmetrical Schaefer model, but the net immigration from the outlying areas increased with exploitation. The equilibrium yield consists of the sum of the local production and the net immigration, and when this was plotted against effort, an asymmetrical curve was obtained. In this case, at least, the dynamics inferred for the population while ignoring spatial variation were clearly incorrect. The catch for a coastal fishery such as this is determined as much by the coefficient of diffusion as by the growth rate of the population, and is less affected by the total carrying capacity of the region.

After 1969 the effort dispersed over a region six or seven times the size of the coastal area. With the increase in range of the fishery the estimated maximum sustainable yield approximately doubled, supporting the view that much of the earlier catch was due to immigration. However, the effort and catch in the coastal area were greater than the averages for the EPO. Other areas also support more effort and yield greater catches than the average for the EPO. These areas are associated with greater primary productivity, and are believed to provide better forage for the tunas. This can be represented in a biomass production model by attributing higher carrying capacities to these areas.

Estimates of the rate of diffusion are available from the results of tagging experiments (IATTC Bull., Vol. 5, No. 5, Vol. 15, No. 1, Vol. 16, No. 1, and Vol. 17, No. 6). The data show no clear directed movements of yellowfin. The average rate of diffusion of tagged fish tends to be high, and estimates of this rate obtained by tagging fish in different areas and at different times vary greatly. Populations of fish which do not show directed movements are normally characterized as exhibiting diffusive movement. It has been shown (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Bull., 87 (2): 353-362) that, for yellowfin at least, the rate of diffusion cannot be constant because, if it were, the abundance would be almost uniform throughout the EPO, which is not the case. Instead, areas thought to produce more food for yellowfin yield greater catches than do other areas. It was proposed that the rate of diffusion might vary as a function of the immediate environment, and, in particular, that diffusion might vary as a function of the average growth rate of individual yellowfin within the area. This would allow the population of yellowfin to match the distribution of their food more closely.

This model, which has been published only in a conceptual form, has now been fitted to the available data. The population is modelled separately for each 1-degree area within the EPO. It would have been impractical to estimate the carrying capacity of each area separately, so each 1-degree area was classified, using a series of annual totals, as a "hotspot" or an ordinary area. All the 1-degree areas within each class were assumed to have the same carrying capacity. The intrinsic rate of growth of the population,  $r$ , was assumed to be constant throughout the region. When diffusion was treated as a constant it was impossible to fit the model, confirming the conclusions of the original conceptual model.

With a variable rate of diffusion, the fitting procedure converged. The procedure minimized the sum of squares of the differences between two series, the total of the natural logarithms of the catches recorded in each 5-degree area and the total of those values produced by the model. These two series are shown in Figure 22. The fit appears to be quite good, but this is misleading, as comparison of the estimated catches per unit of effort (CPUEs) to the observed CPUEs shows that the spatial model does not explain the increased catches of recent years any better than does the original, or aggregate, production model (Figure 23). The aggregate model fits the data well for the 1968-1983 period, but elimination of the data for the apparently anom-

alous years after 1983 does not produce substantial improvement in the fit of the spatial model. The best fit with the spatial model and the truncated data set does not replicate the observed decline in CPUE that is reproduced by the aggregate model when fitted over the same period. On the other hand, the parameters obtained by fitting the aggregate model to the data for the shorter period suggest that the population would have gone to zero, given the subsequent catches. It should be noted that the peak monthly catches after 1983 did not exceed those before 1984; the increase in the annual catches came from greater catches in months during which the catches had previously been low.

Within the model, the carrying capacity remains constant throughout the year, but the effort, and hence the catch, has a pronounced seasonal component. The model allows the local population to recover during seasons when there is little fishing in an area. If the population behaved in this manner, then it is unlikely that the fleet would move into and out of the various areas on a seasonal basis. In fact, the carrying capacity of an individual area probably waxes and wanes with the seasons, but the estimate of the carrying capacity which is obtained by fitting the model corresponds to that which pertains to the period when there is the most effort in the area. The overall carrying capacity is overestimated, and so too is the total abundance.

Thus, it is not surprising that higher estimates of the total carrying capacity are obtained from the spatial model than from the aggregate model. The tendency of the spatial model to treat unfished areas as refuges for the population may also provide part of the explanation for why the fit obtained is not significantly better than that of the aggregate model. Large parts of the region are not fished at any one time, so the degree of overfishing which can occur *in the model* is restricted. The total population within the model might remain at a reasonably high level, even while the total effort tended to infinity, because of the refuges within the model. Given the recorded spatial distribution of effort and the carrying capacities that are modelled without seasonal variation, it may be impossible, using such a model, to ascribe the decline in CPUE from 1969 to 1984 to the impact of fishing. This problem would not occur if the carrying capacity were made to change seasonally, using estimates of available primary production obtainable from satellite information or from a separate model based on the physical oceanography of the region.

In retrospect, this simple formulation of a spatial model may appear naive. If so, then it should be clear that the aggregate model suffers from an equivalent, but opposite, problem. It includes the assumption that all the fish are always equally vulnerable to fishing effort, and yet there is at least one part of the area in which there is no fishing effort during most of the year because of the weather. This is the far offshore area, where fish probably remain throughout the year, but are vulnerable to the fishery only during seasons of moderate weather. These fish will be under-represented in any aggregate model. Thus the aggregate model may underestimate the carrying capacity, and hence overestimate the intrinsic rate of growth. The offshore area may represent a genuine refuge which is not included in the aggregate model, in contrast to the spatial model, which creates artificial refuges. The reduced variability of the monthly catches in recent years may stem from increased willingness of the fishermen to fish in the far offshore area during seasons of poor weather.

The hypothesis that the sustained increase in catches since 1984 was the result of more efficient exploitation of yellowfin brought about by redistribution of effort remains likely. Perhaps it should be rephrased slightly to emphasize that the redistribution is not just geographical, but contains a seasonal element as well. The annual catches have increased by extending the period of high catches within a year, which is apparently the result of changes to the spatial-temporal distribution of effort. To investigate this hypothesis further, it is necessary to incorporate seasonal variation of carrying capacity in the model.



***Catches, by purse-seiners, of large yellowfin not associated with dolphins***

Preliminary analyses of the proportions of large yellowfin in the purse-seine catches of tunas not associated with dolphins were made. For this study, yellowfin equal to or greater than 80 cm in length (31 1/2 inches; about 10 kg or 23 pounds) were considered to be large fish. IATTC logbook data, data collected by observers from the IATTC Tuna-Dolphin Program and a similar U.S. national program, and length-frequency data for 1985-1991 were used in the study. The proportions of large yellowfin in the catches of yellowfin were transformed to the arcsines of the square roots of those proportions to normalize the data for analyses of variance. The factors which were found to have significant effects, at the 1-percent level, on the proportions of large yellowfin in the sets were years, set types (on free-swimming schools, schools associated with dolphins, or schools associated with floating objects), presence or absence of skipjack, season-area (Figure 11), and set type x season-area interaction. The factors not found to be significant were vessel speed, vessel capacity, use of helicopters to locate fish, presence or absence of observers, and all of the interactions except that between set type and season-area.

The results of the initial analyses of variance are shown in Tables 9 and 10. The data corresponding to the model with the five significant factors (year, set type, skipjack, season-area, and season-area x set type interaction) plus three insignificant factors (vessel speed, vessel capacity, and observers) are shown in Table 9. The insignificant factors were removed one at a time, using a backward elimination procedure, to get the results shown in Table 10. Predictions of the percentages of yellowfin in the season-area strata in Figure 11, based on these results and average year and skipjack effects, are shown in Table 11. The observed mean percentages are also shown in that table. Predictions of catches of more than 50-percent large yellowfin in sets on free-swimming schools were obtained for season-area strata 1, 3, 4, 6, 11, and 15 (Figure 11), and predictions of catches of more than 49 percent large yellowfin in sets on schools associated with floating objects were obtained for season-area strata 1, 2, 5, and 7, all south of the equator.

The results of an analysis of variance for non-dolphin sets only are shown in Table 12. The observer effect is not significant in either Table 9 or 12, which indicates that the reporting of set types by vessel captains is consistent with such reporting by observers.

***Reproductive biology of yellowfin tuna***

Knowledge of the reproductive biology of yellowfin tuna is necessary for an adequate understanding of the population dynamics of this species. Important aspects of the reproductive biology of yellowfin, including spatial and temporal variability in spawning, sexual maturity, fecundity, and spawning frequency, have not been adequately elucidated. Research on the reproductive biology of yellowfin should contribute to an understanding of the relationship between spawning and recruitment, and make it possible to evaluate the effect of fishing on the reproductive potential of the population. This appears to be particularly relevant, considering the possible shift in fishing mode from one directed at large, mature yellowfin associated with dolphins to one directed at smaller, immature yellowfin not associated with dolphins.

In 1987 a large-scale research program was initiated to obtain information on size-specific reproductive characteristics of yellowfin throughout the eastern Pacific Ocean (EPO). The objectives of this research, the experimental design, and the samples collected are described in the IATTC Annual Report for 1989. During 1992, the primary emphasis was on histological classification, with light microscopy, of the 15,000 slides of ovarian and testicular tissues made from samples taken from fish at sea. The task of examining and interpreting the slides and analyzing the data will probably not be completed until 1994.

The processing of suitable ovaries for estimation of batch fecundity (number of oocytes to be spawned in a batch) was completed during 1992. Estimates of the batch fecundity, spawning frequency, and duration of the spawning season are necessary for estimation of the annual fecundity for multiple-spawning species such as yellowfin. The batch fecundity of a fish is estimated by counting the numbers of oocytes in the migratory-nucleus or hydrated stages in samples from ovaries of the fish, and then multiplying the count by the ratio of the weight of the ovaries to the weight of the sample. Migratory-nucleus and hydrated oocytes can be easily distinguished from other oocytes by their larger size ( $>0.8$  mm) and by their translucence. This method is preferable to the oocyte size-distribution method, which was used almost universally until the early 1980s, because these developmental stages of oocytes directly precede spawning, so the problem of separating the most advanced oocytes from the adjacent smaller oocytes in less mature ovaries, when there is no hiatus between these classes, is avoided. When using ovaries with migratory-nucleus and hydrated oocytes to estimate batch fecundity, it is essential to determine, through histological examination, whether spawning has begun. If postovulatory follicles are present the ovaries are not used for estimation of the batch fecundity.

Initially, it was necessary to determine whether migratory-nucleus and hydrated oocytes are randomly distributed in the ovaries. This was tested by comparing the densities of these two types of oocytes from five locations in the ovaries of 10 fish. An analysis of variance indicated no significant differences among these locations, but the samples were routinely taken from the medial portion of a lamella from the central region of the left or right ovary. Two ovarian tissue samples, each weighing approximately 0.05 gram, were taken from each female. About 50 to 300 migratory-nucleus or hydrated oocytes were counted in each sample.

The batch fecundity data represent samples taken during two consecutive years, October 1987 through September 1988 (Period 1) and October 1988 through September 1989 (Period 2). Samples were not available for all quarters within periods and areas. Analyses of covariance of the logarithmic transformations of batch fecundity on length, for truncated data sets with similar length ranges, were used to test the significance of the differences for the relationships (1) among quarters within areas and periods, (2) between periods within area(s), and (3) among areas within period(s). The areas are defined as: Area 1, north of  $20^{\circ}\text{N}$ ; Area 2,  $10^{\circ}\text{N}$ - $20^{\circ}\text{N}$ ; Area 3,  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}\text{N}$ ; and Area 4, south of  $0^{\circ}$ . The results of the analyses are given in Table 13.

The equations expressing the relationship between batch fecundity and length within the spawning season were significantly different among quarters for Area 3 during Period 2 (Test 3), but not for Area 2 during either Period 1 or Period 2 (Tests 1 and 2). The predicted batch fecundity for a 120-cm fish in Area 3 during the first and second quarters is about 2.75 million eggs, but declines to about 1.71 million eggs during the third quarter.

The results of an analysis for the relationships between batch fecundity and length for Area 2 indicated no significant difference between the equations for Periods 1 and 2 (Test 4).

The results of an analysis for the relationship between batch fecundity and length for Areas 1, 2, and 3 for the same period indicated a significant difference in the adjusted means (Test 5). Further analyses (*t*-tests) indicated that the adjusted means for Areas 2 and 3 were not significantly different from one another, but each was significantly different from that for Area 1. This indicates that there is no apparent difference for the relationships between batch fecundity and length for Areas 2 and 3. The results of the analyses for the relationships between batch fecundity and length for Areas 1, 2, 3, and 4 for the two periods combined indicated a significant difference in the adjusted means (Test 6). Further analyses (*t*-tests) indicated that the adjusted means for Areas 2, 3, and 4 were not significantly different from one another, but each was significantly different from that for Area 1. This indicates that there is no apparent differ-

ence for the relationships between batch fecundity and length in Areas 2, 3, and 4 for the two periods in question.

Although there are some statistically-significant seasonal and geographical differences in the relationships between batch fecundity and length, which will be further investigated and reported upon, all the data ( $n = 345$ ) have been pooled to calculate an overall regression (Figure 24). The following is the equation for the power function fitted with a weighted nonlinear regression procedure:

$$\hat{Y}_{BF} = 0.0003747L^{3.180758}$$

where  $\hat{Y}_{BF}$  is the predicted batch fecundity from the regression line, and  $L$  is the length in millimeters. The standard error of estimate for the equation is 1.013. The following are the batch fecundity values for yellowfin of specified lengths predicted from the overall regression equation:

Length in centimeters	Fecundity in millions	Length in centimeters	Fecundity in millions
80	0.642	120	2.332
90	0.934	130	3.008
100	1.306	140	3.808
110	1.768	150	4.743

### *Otolith studies*

Eleven pairs of otoliths removed from tagged yellowfin which had been released and recaptured in the western Pacific Ocean (WPO) were examined to determine if increments were deposited daily. The fish had been injected at the time of release with tetracycline during a tagging program carried out by the South Pacific Commission in mid-1992. To test the hypothesis of daily deposition of increments, the tetracycline mark was first located on the otolith. The number of increments between the mark and the edge of the otolith was then counted and compared to the number of days elapsed between release and recapture. The results for the fish for which accurate recapture dates were available are as follows:

Tag number	Length at recapture in cm	Increments: Mean $\pm$ standard error	95-percent confidence limits	Days at liberty
T00138	39	21.7 $\pm$ 0.41	20.73-22.61	21
T00105	43	45.2 $\pm$ 0.55	44.65-47.05	50
T00159	91	136.0 $\pm$ 1.39	133.13-138.97	175

Although these results suggest that there is an increasing departure from daily increment deposition as the size of the fish increases, such a conclusion would be premature for two reasons. First, the sample size is too small, and second, the increment pattern was difficult to interpret. Compared to the fairly regular and evenly-spaced increments on otoliths from eastern Pacific yellowfin (IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 7, and Vol. 18, No. 6), the increments from the WPO fish were frequently irregularly spaced and split. Under these conditions, it is difficult to decide which structures constitute individual increments. If these patterns are consistent for yellowfin

from the WPO, it may be necessary to develop special criteria to identify and count their otolith increments.

### ***Bluefin studies***

#### ***Growth and age composition of bluefin caught in the eastern Pacific Ocean***

Data on length frequencies, catches by weight, and weight-length relationships have been used to estimate the length frequencies, in numbers of fish, of bluefin caught in the eastern Pacific Ocean (EPO), using procedures similar to those currently used for yellowfin. Data on the temporal progressions of the modal groups were then used to assign ages to the fish. Estimates of the average lengths of the fish during their first, second, and third seasons in the EPO are shown in Table 14. It is obvious that the growth is more rapid during the summer than during the winter; this has also been found to be the case for northern bluefin in the Atlantic Ocean and for southern bluefin, *Thunnus maccoyii*. The growth rate from July of the first year to July of the third year is 0.675 mm per day, which is not much different from the growth rate of 0.709 mm per day estimated from tagging data (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1).

Estimates of the catches of fish of the 1948-1990 year classes are given in Table 15. The data for the western Pacific Ocean (WPO) were taken from an unpublished manuscript prepared by Mr. Yoshio Ishizuka of the National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan, when he was working at the IATTC headquarters in La Jolla during 1989-1990.

No fish in their first year of life (age-0) are caught in the EPO. In most years greater numbers of age-1 fish are caught in the WPO than in the EPO, and greater numbers of age-2 fish are caught in the EPO than in the WPO. The catches of older fish are much greater in the WPO than in the EPO.

In the EPO age-1 fish are more numerous than age-2 fish in some years, and in other years the reverse is the case. Because they are larger, age-2 fish contribute far more to the catch by weight than do age-1 fish.

#### ***Abundance of bluefin in the eastern Pacific Ocean***

Indices of abundance are of great importance in assessment of populations of fishes. Abundance is normally defined as the number of post-recruits in the entire population, but in this section it should be taken to mean the number of post-recruits in coastal waters of the EPO.

The catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s have been much less than they were during the 1960s and 1970s. The decreased catches during recent years are believed to be due, at least partly, to lesser availability of bluefin in the EPO (IATTC Bull., Vol. 20, No. 1; IATTC Annual Report for 1991: 71-74). Bluefin are caught mostly by vessels with carrying capacities of 400 short tons or less (size classes 1-5), and the numbers of vessels in this size range have been decreasing, so it is possible that the declining catches are due to reduced fishing effort, in addition to, or rather than, reduced availability of fish.

There is obviously a need for a reliable index of abundance of bluefin in the EPO, so comparisons were made of various kinds of data which may be indicative of the abundance of bluefin. These included:

## Catches

Commercial catch

Sport catch

## Catch per unit of effort

Calkins index

Bluefin vessel index

Bluefin habitat index

## Aerial survey indices

Catches can provide good estimates of abundance provided:

1. the fishing effort remains constant, *i.e.* the numbers of vessels, the effectiveness of the gear, and the skill of the fishermen do not change from year to year;
2. the fishing effort is directed primarily at the species in question, *i.e.* the fishermen do not pass up opportunities to catch the species in question in order to try to catch other species;
3. the range of the species in question is the same each year;
4. the vulnerability to capture of the species in question is the same each year.

The commercial catches of bluefin are probably not good indices of the abundance of that species because the number of small purse seiners which catch the majority of bluefin has declined considerably since the 1960s. The catches by sport party vessels based in California are probably not good indices because these vessels operate only in the northern part of the range of bluefin in the EPO.

Catch per unit of fishing effort (CPUE) is the most widely-used index of the relative abundance of fish. It is superior to catch because it is not necessary that the numbers of fishing vessels be constant from year to year. The other requirements listed above must still be satisfied, however.

The Calkins index (IATTC Bull., Vol. 18, No. 2) may have provided a reasonably good index of the abundance of bluefin during 1961-1980, the years considered in that report, but such was apparently not the case for 1981-1989 (IATTC Special Report 7: page 47 and Figure 7). Bluefin were apparently concentrated, during some years of this period, in small areas where the CPUEs of bluefin were high. Thus, the third requirement above, that the range of the species in question be the same each year, was apparently not satisfied. Judging from the catches, the overall abundance of bluefin in the EPO was low during most years of the 1981-1989 period.

Based on the frequency with which they caught bluefin, certain vessels of the purse-seine fleet of the EPO were designated "bluefin vessels" (IATTC Quarterly Report for October-December 1992; IATTC Internal Report 23). The coefficient of correlation between the catches and the numbers of bluefin vessels for the 1961-1989 period is significant at the 1-percent level. This does not necessarily mean that the amounts of fish caught are determined mostly by the size of the bluefin fleet (or that the size of the fleet is determined by the abundance of bluefin), however. For example, the annual catches during the 1961-1968 period varied by a factor of 2.7 (17,523 tons/6,491 tons), while the number of bluefin vessels varied by a factor of only 1.2 (70/60), and the annual catches during the 1981-1989 period varied by a factor of 6.0 (5,604 tons/940 tons), while the number of bluefin vessels varied by a factor of only 1.6 (22/14). Accordingly, it appears that the fluctuations in the catches are not due primarily to fluctuations in the numbers of bluefin vessels in the fleet. There is no evidence from these data to indicate that the hypothesis that the reduced availability of fish is an important contributor to the reduced catches of bluefin in the EPO should be rejected. Division of the total annual commercial catches of bluefin in the EPO by surface gear by the corresponding numbers of bluefin vessels gives indices of abundance of bluefin, but these are not shown because they are probably inferior to the "bluefin habitat" index described in the next paragraph.

Bluefin are most often caught by purse-seine vessels in the EPO in waters with sea-surface temperatures of 17° to 23°C (62.6° to 73.4°F), so it was assumed that fishing effort exerted by tuna purse seiners off California and Baja California in waters of that temperature range during May through October is bluefin effort, regardless of whether bluefin were caught. This avoids the problem caused by concentration of bluefin in a small part their range, as discussed above for the Calkins index. The annual sums of the logged catches of bluefin in the EPO were divided by the annual sums of the logged purse-seine effort in the 1-degree areas which were suitable bluefin habitat to get the annual CPUEs. These data appear in Figure 25. They appear to indicate that both reduced availability and reduced fishing effort have contributed to the reduced catches of bluefin in the EPO.

Aerial survey indices of bluefin abundance are discussed in the *Fishery Bulletin* of the U.S. National Marine Fisheries Service, Vol. 91, No. 2, pages 348-361. The surveys extended southward only to 27°50'N, so they did not include a considerable portion of the area in which bluefin are caught. Accordingly, they may not be good indices of the abundance of bluefin in the EPO.

In summary, it is assumed that the bluefin habitat indices are more realistic indices of the abundance of bluefin in the EPO than any of the other indices discussed above. This does not mean, however, that further study of the problem is not warranted.

The bluefin habitat indices indicate that the abundance of bluefin in the EPO was low during the 1977-1991 period, except for 1985 and 1986. These were apparently years of high abundance of bluefin, but the catches were only average because the fishing effort was so low. Unless the fishing effort increases, it appears unlikely that catches greater than those of 1985 and 1986 will be taken in the future.

### ***Billfish research***

Billfishes, which are particularly important to the recreational and tuna longline fisheries, are taken incidentally by the purse-seine fisheries for tunas in the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. Basic data on the biology of the billfishes, including information necessary for managing them, is currently lacking. As billfishes share the habitat of tunas and are taken by the surface and subsurface fisheries for tunas, it is appropriate that the IATTC and other organizations involved in tuna research also conduct research on the billfishes. Billfishes are highly migratory, so it is necessary that research on Pacific billfishes be based on data collected in all parts of the Pacific Ocean in which these species occur, rather than just part of it. Accordingly, a joint research program of the IATTC and the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan, to investigate the biology of the billfishes, was initiated in 1991. The hydrographic data required for this work was received in December 1992, and preliminary analyses were commenced. These studies are focusing on the relationship of the billfishes to their environment, and on estimation of the status of the stocks of marlins and sailfish relative to fishing. Data for the recreational, longline, and purse-seine fisheries of the entire Pacific Ocean are being utilized in this study.

Data on the catches of billfishes by the tuna purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean (EPO), and biological data for the fish which are caught, have generally not been available. In late 1988, however, the IATTC staff began collecting information on the catches of billfishes and on the biology of these fish, utilizing observers who were placed aboard non-U.S.-flag vessels principally to collect data on dolphins.

All Pacific species of billfishes are taken by the tuna purse-seine fishery of the EPO. The estimated catches of billfishes, in numbers of fish, taken by this fishery during 1989-1990, 1991, and 1992 were as follows:

Species	1989-1990	1991	1992
Blue marlin, <i>Makaira nigricans</i>	650	700	450
Black marlin, <i>M. indica</i>	1,100	550	600
Striped marlin, <i>Tetrapturus audax</i>	850	750	400
Shortbilled spearfish, <i>T. angustirostris</i>	<100	<100	<100
Sailfish, <i>Istiophorus platypterus</i>	1,600	1,550	1,150
Swordfish, <i>Xiphias gladius</i>	<100	<100	<100

The data for 1992 are preliminary.

Billfishes are caught primarily in waters from off southern Mexico to northern Ecuador, with the greatest catches being taken in the Panama Bight (Figure 26). Though billfish are caught throughout the year, the catches of marlins are generally greatest during the third and fourth quarters, and those of sailfish during the second quarter. In 1992, however, the catches of sailfish were greatest during the second and fourth quarters. Length-frequency samples (Figure 27) indicate that the marlins and sailfish captured by the purse-seine fishery are similar in size to those taken by the longline fishery (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 5).

### **Early life history studies**

For many years fisheries scientists have believed that the abundance of a population of fish is determined principally during its early life history (egg, larval, and/or early-juvenile) stages. Although decades of research have provided considerable information on the populations of adult tunas, relatively little is known about the early life history stages and the factors which affect their recruitment to the exploitable stocks. In the eastern Pacific Ocean fishermen seldom catch tunas less than about 30 cm in length, so samples of pre-recruit tunas are not readily available. These considerations motivated the IATTC to establish a research facility at Achotines Bay in the Republic of Panama for the purpose of studying the early life histories of tunas.

Achotines Bay is located on the southern coast of the Azuero Peninsula in the Los Santos province of Panama (Figure 28). The continental shelf is quite narrow at this location, with the 200-m (109-fathom) depth contour occurring only 3 to 5 nm (6 to 10 km) from shore. This provides the scientists working at the Achotines Laboratory with ready access to oceanic waters where some species of tunas spawn during every month of the year. The annual range of sea-surface temperature in these waters is approximately 21° to 29°C (70° to 84°F). Seawater pumped from Achotines Bay is suitable for maintaining live tunas in the laboratory. The proximity of the research station to the study area provides a low-cost alternative to a large research vessel, and improves sampling flexibility.

The IATTC's early life history research program involves laboratory and field studies aimed at gaining insight into the recruitment process and the factors that affect it. Previous research on recruitment of fishes suggests that both abiotic factors, such as temperature, salinity, and local circulation, and biological factors, such as feeding and predation, can affect recruitment. As the survival of pre-recruit fishes is probably controlled by a combination of these factors, a recruitment research program should address the interaction between the biological system and the physical environment. This section describes the IATTC's early life history research program.

Much of the early work at the Achotines Laboratory was devoted to developing methods of capturing, transferring, and maintaining live scombrids in captivity. Late-larval (late notochord flexion and post-flexion stages) and early-juvenile scombrids (approximately 8 to 35 mm standard length, SL) are captured for research purposes by nightlighting from a skiff. (Nightlighting consists of attracting fish to an underwater light at night and collecting them with a dipnet.) To date, yellowfin and/or bigeye tuna (hereafter, when appropriate, referred to as *Thunnus* spp.); black skipjack tuna, *Euthynnus lineatus*; frigate and/or bullet tuna, *Auxis thazard* and/or *A. rochei* (hereafter, when appropriate, referred to as *Auxis* spp.; sierra, *Scomberomorus sierra*; chub mackerel, *Scomber japonicus*; and striped bonito, *Sarda orientalis*, have been captured in this manner and held in the laboratory. (Larval and early-juvenile yellowfin and bigeye cannot be distinguished on the basis of morphological, meristic, osteological, or pigmentation characters; identification of early juveniles by electrophoretic means has been described (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 86 (4): 835-838). Larval and early-juvenile *Auxis thazard* and *A. rochei* have been distinguished by minor differences in pigmentation, body depth, and gill raker counts, but the identifications are ambiguous.) Research at the Achotines Laboratory has focused on black skipjack, *Auxis* spp., and sierra, the most abundant scombrids in nearshore waters south of the Azuero Peninsula.

#### ***Sampling for larval and early-juvenile scombrids***

Sampling effort at the Achotines Laboratory for larval and early-juvenile scombrids by nightlighting was limited in 1992 until late April by the strong trade winds which are typical during the first four months of the year. Nightlighting effort the rest of the year was, in general, high, but the catches were usually low. During May and June, large numbers of *Auxis* spp. were encountered on several nightlighting trips. Previous to 1992, the greatest capture rates of late-larval and early-juvenile scombrids had occurred during July and August, but in 1992 the capture rates were low during these months. In early September and late October, however, the nightlighting procedure was modified. Two boats of similar size were used to sample in tandem about 2 to 3 nm (3.7 to 5.6 km) further offshore than the usual sampling area. Large numbers of late-larval and early-juvenile black skipjack were caught by this method. Strong offshore winds limited nightlighting efforts near the end of the year.

#### ***Propagation of scombrids in the laboratory***

Efforts to obtain eggs of adult scombrids to supply newly-hatched larvae for laboratory experiments continued during 1992. Black skipjack were captured and their gonads examined at sea. Several males were in ripe condition, but none of the females captured had fully-developed eggs. Milt stripped from the males was refrigerated, and the sperm remained motile for up to 18 days at 7° to 8°C (44.6° to 46.4°F). A frigate tuna, *Auxis thazard*, was captured with eggs that appeared to be fully developed, but no ripe male frigate tuna were captured. Progress was made in the effort to catch, transfer to the laboratory, and maintain adult scombrids for the purpose of obtaining fertilized eggs. Black skipjack were captured by trolling with hook and line and subjected to various levels of anesthesia to determine the level which would permit transferring the fish without injury. A female black skipjack measuring about 43 cm in length was captured near the Achotines Laboratory and transferred to the laboratory in a large plastic bag containing oxygenated seawater and 10 ppm of MS-222 (tricaine methane sulfonate). After living for 29 days in a 4.6-m (15-ft) diameter pool, it died, presumably due to a snout infection.

During 1992, a 6.6-m (21.6-ft) diameter, 30,000-L (8,000-gal) pool, with improved water filtration and ultraviolet sterilization systems, was erected at the Achotines Laboratory. The



drains were designed to collect eggs that may be spawned by sexually-mature fish in the pool, regardless of whether the eggs sink or float. The modifications were made to prepare for future spawning of captive black skipjack at the laboratory. The first case of black skipjack attaining sexual maturity in captivity after being held from an early life stage occurred in September 1991 (IATTC Annual Report for 1991: 39), when five individuals captured by nightlighting 305 to 307 days earlier at lengths of about 16 to 22 mm were found to be sexually mature when removed from a tank that was to be disassembled for replacement.

In early November, two black skipjack of about 30 cm (12 inches) in length, which had been held since their capture by nightlighting in July in a 4.5-m (15-ft) diameter, 15,000-L (4,000-gal) pool, were moved to the larger pool mentioned above. Soon after transfer, the two fish began exhibiting what was suspected to be spawning behavior. During the following several weeks, a few eggs, measuring 0.9-1.0 mm in diameter, were collected each day from the screened outfalls of the pool, but true spawning is not believed to have occurred. None of the eggs appeared to have been fertilized. The behavior continued during the remainder of the year, but few eggs were collected during December. At the end of 1992, there were 9 black skipjack about 20 to 23 cm (8 to 9 inches) in length and two about 34 cm (13 inches) in the larger pool. These fish will be maintained in captivity in hopes that they will mature and produce viable eggs.

#### ***Experiments on growth and survival of zooplankton and scombrids in the laboratory***

In May, a 4-day experiment was conducted at the Achotines Laboratory to determine if the survival of wild-caught zooplankton used to feed late-larval and early-juvenile scombrids during laboratory experiments was affected by water temperature. Six replicate tanks were plumbed to receive water at 23°C (73°F) and six to receive water at 28°C (82°F) ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). The zooplankton densities were maintained at about 30 per liter in all the tanks. The survival of the zooplankton was estimated from the amount of plankton added to each tank to maintain the desired density. An analysis of variance (ANOVA) test showed no significant difference in survival at the two temperatures.

In September, an experiment was conducted to examine the effect of density of fish in the rearing tanks on their subsequent growth and survival. Late-larval and early-juvenile black skipjack were captured by nightlighting, transported to the Achotines Laboratory, held for 48 hours to acclimate, and then distributed to four experimental tanks. The fish were stocked in two tanks at 6 per tank and in two other tanks at 18 per tank. Food concentrations of 60 to 80 wild-caught zooplankters per liter were maintained in each tank. An ANOVA test indicated no significant differences in growth or survival during the 7-day period of the experiment.

In late October and early November, late-larval and early-juvenile black skipjack were caught by nightlighting, transported to the laboratory, and used in an experiment to examine the effects of food concentration and water temperature on their growth and survival. After acclimation in holding tanks for 48 to 60 hours, the fish were transferred into six 330-L (87-gal) fiberglass tanks containing seawater at 23°C (73°F) and six similar tanks containing seawater at 28°C (82°F). Food concentrations of 10, 40, and 80 zooplankters per liter each were maintained in pairs of tanks at each temperature. Subsamples of fish were removed from each tank at the start of the experiment to estimate the initial length and weight of the fish. After 8 days, the surviving fish were sacrificed and measured. The results will be analyzed in 1993.

### ***Nutritional condition of larval and juvenile scombrids***

A study of the nutritional condition and rates of starvation of larval and early-juvenile scombrids collected in the Panama Bight during the rainy season (May to November) of 1988, described in the IATTC Annual Reports for 1990 and 1991, was completed during 1992, and a scientific paper describing this work was accepted for publication in the journal *Marine Biology* in 1993.

The nutritional study involved histological analysis of wild-caught larval and juvenile black skipjack, *Auxis* spp., and sierra. The incidence of malnourishment in wild-caught preflexion (first-feeding) larvae of all three taxa was high. About 62 percent of the total numbers of preflexion larvae of black skipjack and *Auxis* spp. were classified as malnourished and about 42 percent of the totals were classified as dying (undergoing terminal starvation). These estimates are among the first rates reported from field studies on the incidence of starvation in tropical fish larvae, and are the first starvation rates reported for scombrid larvae. The nutritional "point of no return" (period of time the fish could survive without feeding and still recover) for preflexion larvae was estimated to be no more than 1 or 2 days. The cellular condition of liver hepatocytes, particularly the relative amount of vacuolation related to storage of glycogen and lipids, proved to be a sensitive indicator of nutritional condition.

In laboratory trials, late-larval (postflexion) and early-juvenile black skipjack exhibited a nutritional point of no return of 2 to 3 days. Although postflexion larvae were moderately vulnerable to malnourishment in laboratory trials, less than 13 percent of wild-caught postflexion larvae exhibited even mild nutritional stress, and no postflexion larvae or juveniles showed signs of severe malnourishment. This pattern of starvation incidence suggests that tropical scombrids undergo stage-specific starvation mortality, the rates being much greater for preflexion larvae than for postflexion larvae and early juveniles. These results do not necessarily apply to all scombrids in all areas, however.

During June, Dr. Daniel Margulies of the IATTC staff participated in a research cruise in the eastern Gulf of Mexico and the Straits of Florida aboard the University of Miami research vessel *Columbus Iselin*. This cruise was part of a research program, funded by a National Science Foundation grant awarded to the University of Maryland, to investigate the recruitment of fishes in Chesapeake Bay, the eastern Gulf of Mexico, and the Gulf Stream front. The program involves scientists from several academic institutions and U.S. government laboratories, as well as the IATTC. The principal purpose of the cruise was to investigate the distribution, abundance, growth, and nutrition of larval scombrids in the eastern Gulf of Mexico and the Gulf Stream front. Samples of larval scombrids were preserved for histological analysis of nutritional condition. This analysis is similar to the one used to study nutritional condition of larval scombrids near the Achotines Laboratory. The data collected during the cruise will provide a comparison and calibration of histological methods developed for larval scombrids collected from different oceanic systems.

### ***Age and growth of *Auxis* spp.***

Research conducted at the Achotines Laboratory in July and August of 1990 (IATTC Annual Report for 1990: 34) included an experiment to estimate the growth rates of captive late-larval and early-juvenile *Auxis* spp., to determine the rate of increment formation in the otoliths of these fish, and to evaluate the efficacy of tetracycline hydrochloride (THC) as a temporal marker of the otoliths.

Late-larval and early-juvenile *Auxis* spp. were captured by nightlighting during two con-

secutive nights and transferred live to the laboratory. After an acclimation period of 36 to 58 hours, 30 individuals of similar size, 14 to 21 mm SL, were placed randomly in each of four tanks. On the first day, 5 fish from each tank were subsampled, and the 50 surviving fish in two of the tanks were immersed for 12 hours in a 100-mg/L solution of THC. On day 5, 10 of the 48 survivors were subsampled, and the remaining 38 were immersed a second time for 18 hours in a 200-mg/L solution of THC. The fish in the other two tanks served as controls. Food concentrations of 50 to 100 wild-caught zooplankters per liter were maintained in each of the tanks during the acclimation and experimental periods. On day 9, the 35 surviving fish in all the tanks were sacrificed. The lengths and dry weights of the subsampled and surviving fish were measured, and the sagittae and lapilli (the two largest of the three pairs of otoliths) were removed from the specimens that had been immersed in THC.

The daily survival rates were high (0.995 and 0.987 for the control and THC-treated fish, respectively). A variance test for homogeneity of the binomial distribution indicated that the survival rates of the two groups of fish were not significantly different.

The growth in length was linear during the 8-day period. An analysis of covariance test indicated that the growth rates of the control and THC-treated groups were not significantly different. The data were pooled ( $n = 113$ ) and fitted to a linear regression,  $l = 14.4 + 3.41t$ , where  $l$  is SL in millimeters and  $t$  is days in captivity.

Although the growth in length was not affected by immersion in the THC solutions, the mean dry weight at 9 days was significantly greater for the THC-treated group than for the control group (Figure 29). The growth in dry weight for each group is described by a weighted, second-power quadratic regression. The regressions were calculated to be  $w = 8.88 + 1.82t^2$  ( $n = 40$ ) for the control group and  $w = 6.97 + 2.12t^2$  ( $n = 39$ ) for the THC-treated group, where  $w$  is the dry weight in milligrams. The average daily growth rates were 20.1 mg/d and 23.3 mg/d for the control and THC-treated groups, respectively. Although the survival rates of the control and THC-treated fish were not significantly different, the fish of the control group appeared to be in poorer condition than those of the treated group and showed some signs of infection. Immersion in the THC solutions, therefore, may facilitate growth by reducing the incidence of infection during laboratory confinement. Further studies designed to examine the effects of fish density, tank size, and THC immersion on growth will be conducted to determine if THC should be used in future growth experiments.

Regardless of possible treatment effects on growth, the results from this experiment indicate that late-larval and early-juvenile *Auxis* spp. are capable of growing rapidly when maintained at food levels of 50 to 100 wild-caught zooplankters per liter in the laboratory. The high growth rates obtained in this experiment (3.41 mm/d) may be due, in part, to low activity levels associated with captivity. The growth rates of late-larval and early-juvenile *Auxis* spp. in the field over a similar size range will be compared with the growth rates obtained in the laboratory to determine if they are similar.

The frequency of increment formation in the otoliths of late-larval and early-juvenile *Auxis* spp. was also determined from the otoliths of fish immersed in the THC solutions. Only 38 of the 45 fish had visible fluorochrome marks on the sagittae corresponding to immersion in the 100-mg/L solution, but all 45 of them had visible marks on the lapilli. All 35 of the fish immersed in the 200-mg/L had visible marks on the sagittae and lapilli corresponding to immersion in that solution. Therefore, a THC solution of 200 mg/L is more effective than a 100-mg/L solution for marking the otoliths in late-larval and early-juvenile *Auxis* spp. The sagittae provide a more reliable estimator of age than the lapilli. When the fluorochrome marks were not visible in the sagittae, however, the lapilli were used to determine the frequency of increment

formation. The number of increments counted after the fluorescent marks in either the sagittae or lapilli corresponded to the three days that the fish were held beyond each of the two immersion periods. Daily increments were, therefore, validated for *Auxis* spp. over the size range of 14 to 51 mm SL.

The results from this experiment provide growth estimates and confirmation of daily otolith increments for captive late-larval and early-juvenile *Auxis* spp. fed specified concentrations of food. Although the results indicate that neither survival nor growth in length are affected by immersion in THC, growth in dry weight may be facilitated by THC immersion.

### ***Ichthyoplankton and oceanographic studies***

Ichthyoplankton and oceanographic surveys off the Azuero Peninsula, Panama, interrupted in September 1991, were resumed in January 1992.

The ichthyoplankton sampling program is designed to obtain information on the day-night and seasonal patterns of vertical distribution, age and growth, nutritional condition, and food habits of scombrid larvae in relation to temperature, salinity, oxygen, light intensity, and forage organisms in the water column. All ichthyoplankton sampling during 1992 was conducted at station MSB, located 9.7 nm (18 km), bearing 150°, from Punta Mala (Figure 28). Three Tucker-trawl surveys were attempted each month, one during the daytime, one at night, and one during a consecutive day-night period. As weather permitted, additional surveys were made. All samples were collected, using a small Tucker trawl with a 75- x 83-cm (30- x 33-inch) mouth opening and a 335-µm mesh net. A Tucker trawl is an opening-closing sampling device with the ability to catch larvae at discrete depth strata. Two replicate oblique tows were made at five nominal depth strata: 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, and 60-80 m (0-3, 3-11, 11-22, 22-33, and 33-44 fathoms). A smaller net (12- x 12-cm, (5- x 5-inch) mouth opening) with finer, 73-µm, mesh is nested inside the Tucker trawl to collect microzooplankton simultaneously. The trawl is also equipped with a data logger for recording time, water temperature, and depth of the net during the tow. The samples from the three shallower strata were split during the tow with a codend splitter, and preserved in a 95-percent ethanol solution for studies of growth and food habits, and in Bouin's solution for studies of nutritional condition. The samples collected at the two deeper strata were not split, and were preserved in a 5-percent formalin solution, as were the microzooplankton samples from all the strata. Immediately before and after a series of tows was made, a CTDO cast was made to depths of at least 100 m (55 fathoms). The CTDO is an instrument which simultaneously measures the conductivity (salinity), temperature, depth, dissolved oxygen, and photosynthetically available radiation (PAR) of the water over the depth of the cast. Observations of the weather, ambient light intensity, water clarity, and sea state were recorded at the time of the casts.

The plankton samples collected during the Tucker-trawl surveys are processed at the Achotines Laboratory. All fish larvae are removed from the samples, and the scombrid larvae are then separated and identified to the lowest taxa possible. *Auxis* spp. is the most abundant scombrid taxon in the ichthyoplankton samples, followed by black skipjack, sierra, striped bonito, and *Thunnus* spp. During 1992, sorting was completed on the samples collected during 1991, and begun on the samples collected during 1992.

Preliminary analysis of the depth distribution data for 1990 and 1991 indicated that scombrid larvae were found primarily in the upper 40 m (22 fathoms) of the water column. Therefore, the sampling program was modified in March 1992 to concentrate effort in the three shallower strata, sampling at the two deeper strata on a quarterly, instead of a monthly, basis. A more detailed analysis of the data was initiated late in 1992 to examine the relative abun-

dances of larvae found in the three shallower strata during the day and night. Preliminary analyses of the data collected during the dry season (December-April) indicate that *Auxis* spp. tended to occur deeper in the water column at night than during the day.

The study of the local environment of larval and juvenile tunas is a key element of the Commission's field program in Panama. During their early life stages, scombrids are sensitive to ocean conditions, as these affect their physiological state, food supply, survival, and retention in areas that favor rapid growth. The objectives of the environmental studies are to describe the ocean environment off the Azuero Peninsula, to monitor long-term variation of key variables, and to determine the responses of small tunas to the particular physical and biological processes of their environment. In addition to the CTDO casts made during the Tucker trawl surveys, near-shore oceanographic surveys are attempted monthly at 14 stations along 3 transects extending seaward from Punta Mala, Achotines Bay, and Morro Puercos to the 2,000-m (1,094-fathom) isobath (Figure 28). Along each transect, observations are made in waters over the continental shelf, the shelf break, the continental slope, and the abyss. The station observations consist of a CTDO cast to 100 m or to near-bottom, a Secchi disk cast, and weather observations. Water samples for subsequent analysis of salinity and oxygen content in the laboratory are collected several times during the surveys from near-surface and near-bottom Niskin bottles to calibrate the CTDO data. Inclement weather and problems with the *Achotines III* prevented near-shore surveys during February, August, and December 1992.

Processing and analysis of the environmental data collected at quasi-monthly intervals during 128 cruises in 1989-1991 off the Azuero Peninsula was begun in early 1992. Data processing involves excluding extraneous records within casts, excluding data points outside the ranges of expected values, and adjusting the CTDO cast data, using values from the Niskin bottle casts, shore calibrations, and annual factory calibrations of the CTDO. By the end of the year, the data for approximately two-thirds of the 554 CTDO casts made during 1989-1991 had been processed.

Mr. Kevin Bentler of the IATTC staff participated in a research cruise aboard the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ship *McArthur* during October 1992. The cruise was part of a survey of the marine mammals of the eastern Pacific Ocean conducted by the U.S. National Marine Fisheries Service. As an ancillary research project aboard the cruise, larval tunas and microzooplankton were sampled, using a 1- x 1.4-m (39- x 55-inch) Tucker trawl with a 335- $\mu$ m mesh net. The sampling aboard the *McArthur* was designed to capture larval tunas in waters of the Panama Bight that are further offshore than the nearshore waters in which larvae are taken during routine IATTC ichthyoplankton sampling conducted near the Achotines Laboratory. Ichthyoplankton sampling aboard the *McArthur* was conducted at night from approximately 1 hour after sunset until midnight. Larval tunas were sampled in the mixed layer (approximately the upper 40 m (22 fathoms) of the water column). Eight oblique tows were made, four in the 0- to 20-m depth stratum and four in the 20- to 40-m stratum. Samples taken in the shallow stratum were split with a codend splitter; approximately half of the plankton was fixed in a 95-percent ethanol solution for ageing and food habits analyses and the other half was fixed in Bouin's solution for nutritional analyses of the scombrid larvae. The Tucker trawl was equipped with a time-temperature-pressure data logger, so that the actual sampling depths could be measured. A fine-mesh (73- $\mu$ m) net was nested inside the Tucker trawl to sample small potential zooplankton prey of larval tunas. Tucker-trawl sampling was conducted on 23 dates. Each evening, prior to Tucker-trawl sampling, NOAA personnel sampled postlarval and early-juvenile fishes by nightlighting. On four evenings, small numbers of early-juvenile scombrids were collected and fixed in a 95-percent ethanol solution.

The ichthyoplankton and microzooplankton samples will be sorted during 1993. The larval tunas will be analyzed to estimate their growth rates, food habits, and nutritional condition. Ages will be assigned to the early-juvenile scombrids collected by nightlighting, and their growth rates will be determined. The biological parameters estimated for larval and juvenile tunas in offshore waters will be compared to those of tuna larvae and juveniles routinely collected in nearshore waters near the Achotines Laboratory.

To facilitate these comparisons, the Commission's small research boat, *Achotines III* rendezvoused with the *McArthur* in the waters off the southern Azuero Peninsula to compare the performance of the different-sized Tucker trawls used aboard the two vessels. The trawl used aboard the *Achotines III* had a mouth opening of 75 x 83 cm (30 x 33 inches), while that on the *McArthur* had a mouth opening of 1 x 1.4 m (39 x 55 inches). Plankton samples were collected simultaneously from the same depths while the two vessels worked alongside each other during the early morning of October 21, 1992, approximately 10 nm (19 km) south of Morro Puercos. The simultaneous sampling will facilitate comparisons of the ichthyoplankton and CTDO data collected aboard the *McArthur* in the Panama Bight with the data routinely collected aboard the *Achotines III* at Punta Mala. After only two successful simultaneous net hauls were made, gear problems and rough seas forced an end to the operations.

#### ***Joint JASFA-IATTC larval studies***

Dr. Daniel Margulies and Ms. Jeanne Wexler participated in a research and training program in Japan during September and October 1992. They were based at the Japan Sea Farming Association's (JASFA) Yaeyama Station on Ishigaki Island, where they participated with JASFA personnel in studies of the culture and development of yellowfin eggs and larvae. Several laboratory experiments, involving the examination of the development rates of yellowfin eggs and larvae and the nutritional condition and age at first otolith increment formation for larvae cultured under varying temperature and food conditions, were completed. In addition, an experiment for analyzing the food selectivity of yellowfin larvae feeding on a mixture of cultured and wild-caught zooplankton prey was completed. Preserved samples were taken from the laboratory experiments, and these samples will be analyzed during 1993 to examine the growth, nutritional condition, and food selectivity of yellowfin larvae.

#### ***Mullet brood stock***

Efforts continued during 1992 to refine methods for inducing spawning in a captive brood stock of white mullet, *Mugil curema*, at the Achotines Laboratory. The mullet are being reared to produce larvae to feed to young tunas in the laboratory. Several dozen female mullet greater than 270 mm in length were captured with beach seines and gill nets in local waters and placed in a 4.6-m (15-ft) diameter laboratory tank. They are being maintained on sinking pellet food, and have had excellent growth and survival. During the latter part of the year the photoperiod regime was manipulated, and during 1993 hormone pellets will be implanted in the fish to stimulate oocyte development.

#### ***Toxic dinoflagellates off the Azuero Peninsula***

During November and December of 1989, late-larval black skipjack held in aquaria at the Achotines Laboratory for an experiment experienced unusually high mortality rates. It was suspected that the mortality was associated with the feeding of wild-caught zooplankton to the captive fish. Samples of the zooplankton were preserved, analyzed for biotoxin contamination, and examined for the presence of toxic dinoflagellates. A series of bioassays and a liquid chromatog-

raphy analysis indicated the presence of saxitoxin, a toxin associated with paralytic shellfish poisoning (PSP) and large-scale fish kills. Saxitoxin is produced by some species of dinoflagellates, and can accumulate in zooplankton organisms. The toxic dinoflagellate, *Pyrodinium bahamense* var. *compressa*, was found in the guts of the copepods in the zooplankton samples and in the surrounding water. This species is known to have saxitoxin, and to be responsible for PSP.

In 1992, zooplankton samples collected between September 28, 1990, and September 25, 1991, at stations ASH1, ASB, and PAB (Figure 28) were examined for the presence of additional toxic phytoplankton species by Dr. Carmelo Tomas of the Florida Marine Research Institute, St. Petersburg, Florida, USA. His preliminary findings indicate the presence of two additional toxic species in these and the samples taken in 1989. Two catenate (chain forming) dinoflagellates, *Cochlodinium heterolobatum* and *Gymnodinium catenatum*, were identified from the samples collected during the rainy season in all three years. Like *Pyrodinium bahamense* var. *compressa*, *Gymnodinium catenatum* produces saxitoxin and can cause PSP when shellfish feeding on them are consumed by humans. In contrast, *Cochlodinium heterolobatum* is not associated with PSP, but is implicated in fish kills and may have hemolytic ichthyotoxins. A water sample taken during a red tide bloom in March 1991, during the dry season, contained a dense population of a non-toxic protozoan ciliate, *Mesodinium rubrum*. None of the toxic species in the samples collected during the rainy season were found in the sample taken during March.

The impact of toxic phytoplankton species on larval and juvenile scombrids is presently unknown. Zooplankton and phytoplankton samples are being collected routinely by IATTC staff members at the Achotines Laboratory in areas where sampling of larval and early-juvenile scombrids takes place. The samples will be processed by Dr. Tomas to determine the seasonal occurrence of both toxic and non-toxic species of phytoplankton.

### **Snapper resource studies**

IATTC staff members based at the Achotines Laboratory and Mr. Amado Cano of Panama's Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) are conducting studies of some of the commercially-important coastal fishes of the Los Santos province of Panama. The purpose of the project is to provide fundamental information on the biology and potential catches of these species. Recent industrialization, principally through improved arrangements for processing and export of the catches, and the possible entry of larger vessels into the fishery make acquisition of estimates of the potential yields desirable. A sampling program was implemented in 1986 to survey and assess the resources of snappers (family Lutjanidae), and other coastal fishes. Catch, effort, length, and weight data are being collected routinely by DGRM biologists. These basic data will provide information on species composition, size compositions, condition factors, catches per unit of effort by various configurations of gear, and seasonal variability of the above. *Lutjanus peru* is the primary species caught, but smaller quantities of *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, and *Hoplopagrus güntheri* are also taken. The first three species comprise over 90 percent of the catch in the Los Santos province.

Preparations continued in 1992 to initiate a tagging program for the snappers most commonly caught by the fishery. *Lutjanus peru*, caught by hook and line and transferred live to four 3.7-m (12-ft) diameter tanks at the Achotines Laboratory in 1991, were used to test different types of anesthetics and dosage levels to facilitate the handling of live fish. Benzocaine at 40 mg/L gave better results than did tricaine methane sulfonate (MS-222) at 55 mg/L.

Additional experiments were conducted in September 1992 to see if visible-implant (VI) tags would be retained for a moderate period of time (3 weeks) at two locations on the body, to determine how much time is required to tag the fish, and to determine if infections or other maladies occurred in the tagged fish. Eight fish were tagged with VI tags on the isthmus and at the base of the pectoral fin. Another fish was tagged only on the isthmus. After 40 days, the overall rate of tag loss was 5.9 percent. One of the eight tags in the pectoral fin area was lost, and none of the nine tags attached to the isthmus was lost. Thus, it appears that either of the two locations is suitable to use in a full-scale tag-shedding experiment with VI tags.

A full-scale tag-shedding experiment was initiated at the end of October. Forty captive *Lutjanus peru*, 218 to 420 mm in length, were tagged with VI tags in the two locations tested previously, the isthmus and the base of the pectoral fin. The fish were measured and weighed, and 10 were placed into each of four 3.7-m (12-ft) diameter tanks at the Achotines Laboratory. The fish will be checked for tag retention, measured, and weighed on a monthly basis for the 6-month duration of the experiment.

### ***Oceanography and tuna ecology***

Occasionally, an El Niño episode will begin at mid-year, develop rapidly, and within 4 to 6 months become an intense warm-water event with severe and prolonged effects on the ocean environment of the eastern tropical Pacific (ETP) and its fisheries. The 1930-1931, 1956-1957, and 1982-1983 El Niño episodes are examples of such events in the ETP. More frequently, an El Niño begins at mid-year, develops slowly, and reaches moderate intensity late in the austral summer (January-February). This occurred in the ETP during 1986-1987 and again during 1991 and the first quarter of 1992.

During the fourth quarter of 1991, the sea-surface temperatures (SSTs) were more than 1°C (1.8°F) above normal over a large part of the equatorial region of the eastern Pacific Ocean, and there were several areas along the equator with SSTs more than 2°C (3.6°F) above normal (IATTC Annual Report for 1991: Figure 38). At this time the El Niño was also having a marked effect on waters off the west coast of South America, where the SSTs had become 2° to 3°C (3.6° to 5.4°F) above normal from Ecuador to northern Chile. This represented an intensification of El Niño conditions, following an apparent slowing of the warming trend during the third quarter of 1991. According to data in the December 1991 issue of the *Climate Diagnostics Bulletin*, published by the Climate Analysis Center of the U.S. National Weather Service, the Southern Oscillation Index (SOI), a measure of the strength of the tropical easterly winds, decreased from -1.5 in October to -2.3 in December 1991. This fairly large negative SOI value indicated that the surface winds along the equator and in the tropical southern hemisphere were markedly weaker than normal. During the same period the sea level rose an average of 10 cm (3.9 inches) around the Galapagos Islands and along the coasts of Ecuador and Peru. In addition, the thermocline descended to 50 m (27 fathoms) deeper than normal by the end of the quarter. (In this report "thermocline" refers to the depth of the 20°C isotherm, which is found in the upper third of the thermocline between 5°N and 5°S east of 110°W.) This El Niño, however, apparently had no adverse effect on tuna fishing in the eastern Pacific Ocean north of 5°N, where the SSTs were near normal during 1991.

Both the IATTC staff's analyses of SSTs for the first quarter of 1992 and information in the *Climate Diagnostics Bulletins* for January and February 1992 indicated that the El Niño had reached moderate intensity between December 1991 and February 1992. The ocean conditions in the ETP were similar to those during the 1986-1987 El Niño, which reached moderate intensity during the first quarter of 1987. The SSTs increased at greater-than-normal rates for the season



over much of the ETP south of 10°N. Several areas along the equator and north to 5°N had SSTs more than 2°C (3.6°F) above normal. The greatest positive SST anomalies developed along the coast of Peru, where SSTs 2° to 4°C (3.6° to 7.2°F) above normal were recorded at several coastal stations from Talara to Callao during the first quarter of 1992 (Figure 30). The SOIs averaged -2.3 during the first quarter, indicating that weaker-than-normal surface winds and surface ocean currents were prevailing (Figure 30). Sea-level measurements around the Galapagos Islands and at coastal stations from Buenaventura, Colombia, to Callao, Peru, increased from 17 cm (6.7 inches) above normal at the beginning of the first quarter of 1992 to 21 cm (8.3 inches) above normal in February 1992 (Figure 30). In addition, much of the eastern Pacific Ocean between the equator and 20°N experienced sea levels at least 15 cm (5.9 inches) above normal before the end of February 1992. The thermocline was 60 to 65 m (33 to 36 fathoms) below its normal depth of 20 m (11 fathoms) throughout the quarter in the equatorial region east of 110°W and also off the coasts of Ecuador and northern Peru.

During the second quarter of 1992, the IATTC staff's analyses of SST data and information in the *Climate Diagnostics Bulletins* for April and May revealed that the ocean conditions remained similar to those of the first quarter of 1992, in that the intensity of the El Niño remained moderate to strong in the ETP. The areas in the ETP where the SSTs were more than 2°C (3.6°F) above normal during April 1992 are shown in Figure 31. This chart is representative of the SST anomalies during the second quarter. The most significant features are large areas with SSTs more than 2°C above normal between 5°N and 5°S to the east of 110°W and off the coast of South America from the equator to 20°S. The large area with SSTs more than 2°C above normal off Baja California resulted primarily from seasonal heating at the sea surface during frequent periods of weak surface winds which had prevailed from south of Baja California to northern California since the fourth quarter of 1991. By the end of the second quarter there were indications that the El Niño was beginning to weaken in the central tropical Pacific, and the SOI began returning to normal. In the ETP the positive SST anomalies were decreasing, the thermocline was slowly rising, and the sea level had dropped to about 2 cm (0.8 inch) below normal.

During the third quarter of 1992, the negative SST anomalies, which developed late in the second quarter along the equator between 140°W and 160°W, were expanding eastward and poleward on both sides of the equator. Rapid cooling was also occurring offshore and at coastal stations from Ecuador to central Peru. The fairly rapid decreases of the SSTs and sea levels at coastal stations and the return toward a normal SOI by the end of the second quarter are shown in Figure 30. The cooling trend during the third quarter was due, in part, to a strengthening of the south Pacific high-pressure system and its associated surface winds off the coast of Peru. The stronger easterly surface winds over the ETP had the additional effect of pushing more surface water westward, *i.e.* strengthening the South Equatorial Current which usually prevails over the ETP south of 10°N during this period. These effects on the ocean surface contributed to the reduction of the sea level and to an increase in upwelling of colder sub-surface water along the equator in the eastern Pacific Ocean. The stronger circulation was also reflected in the positive trend of the SOI (Figure 30), which was beginning to return to normal during this quarter. As the thermocline rose to its normal depth during the quarter, the conditions for fishing for tunas began improving in the coastal region from northern Peru to Colombia. At this time, there remained a possibility that El Niño conditions could flare up again during the austral summer of 1992-1993; that appeared unlikely, however, due of the rapid return toward normal of the atmospheric and oceanic circulations over the eastern Pacific during the third quarter. In addition, in the past most El Niño episodes of moderate intensity have had durations of 1 year or

less, which supported further the belief that an immediate return of El Niño conditions was unlikely.

During the fourth quarter of 1992, the negative values of the SOI increased, indicating that the surface wind circulation had weakened over the central and eastern tropical Pacific. In spite of weaker winds, the SSTs remained nearly normal over much of the ETP, but not in the central equatorial Pacific and a large area to the west of Peru, where SSTs more than 1°C above normal persisted. Conditions typical of the fourth quarter are shown in Figure 32. The areas with SSTs more than 1°C above normal continued to shrink during the quarter. The area off Baja California with above-normal SSTs had persisted for most of the year, but winter storms moving south along Baja California during December 1992 markedly reduced the positive anomalies, which had been as much as 3°C (5.4°F) above normal during the second quarter (Figures 31 and 32). SST anomalies for other months can be seen in the IATTC's Quarterly Reports for 1992. Although some large areas of positive anomalies persisted, the expanding areas with negative anomalies along the equator and in coastal areas of Ecuador and Peru (Figure 30) were significant indicators of a weakened El Niño event. Data in the *Climate Diagnostics Bulletins* for October, November, and December 1992 indicated that the thermocline continued to move closer to the surface in the ETP and that in the western Pacific it descended to greater depths during the fourth quarter. In addition, the sea level remained below normal along the coast from Colombia to southern Peru (Figure 30). Thus, based on all available environmental indicators, it seems likely that El Niño conditions will disappear from the eastern Pacific Ocean by the end of the first quarter of 1993, and that after mid-year anti-El Niño conditions will develop, with equatorial and coastal upwelling becoming stronger again, as occurred in 1988 after the demise of the 1986-1987 El Niño.

The El Niño of 1991-1992 has been classified as moderate because of its limited areal extent and duration and because of its relatively small positive SST anomalies. This El Niño did not extend poleward much beyond the equatorial region (5°N to 10°S) of the eastern Pacific Ocean and the coastal region of Ecuador and Peru except during the first half of the second quarter of 1992, when the SSTs became 2°C (3.6°F) above normal for a short period off the coast of Central America. One result of this El Niño episode was reduced success of tuna fishing in the coastal waters of northern Peru, Ecuador, and southern Colombia. This period of poor fishing began off Ecuador during the last quarter of 1991, when the SSTs started increasing at abnormal rates in the coastal region. Tuna fishing continued to be poor off Ecuador throughout most of the first two quarters and the beginning of the third quarter of 1992, at which time the SSTs were beginning to return to normal. In contrast, tuna fishing north of 5°N in the eastern Pacific Ocean and in the western Pacific Ocean was normal during this period.

## TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS

The Commission's responsibilities include investigation of the problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean (EPO), as described on page 7 of this report. The three species of dolphins most frequently caught incidentally by vessels fishing for tunas in the EPO are the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, the spinner dolphin, *S. longirostris*, and the common dolphin, *Delphinus delphis*. The spatial distributions of the various stocks of these three species are shown in Figure 33.

***Data collection***

In 1992, observers from the IATTC Tuna-Dolphin Program accompanied 279 fishing trips made by purse seiners in the EPO. Thirty carryovers (trips which started in late 1991 and were completed in early 1992) brought the total number of trips with observers for 1992 to 309, all of them aboard Class-6 vessels (capacity >400 short tons) operated under the jurisdictions of Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

The sampling design for 1992 called for 100-percent coverage of vessels fishing for tunas associated with dolphins in the EPO. Two thirds of the trips of vessels of the Mexican fleet were to be sampled by observers of the national program and the remainder by IATTC observers. Half the trips of vessels of the U.S. fleet were to be sampled by national observers and half by IATTC observers. All of the trips of vessels of other fleets were to be sampled by IATTC observers.

The Mexican and IATTC programs combined sampled 98 percent of the trips by vessels of the Mexican fleet. The only trips which were not covered were four trips which began in late 1991 and carried over into 1992. No observers accompanied these trips because the trips were not scheduled for coverage by the IATTC in 1991, and Mexico's program did not start until 1992.

The U.S. and IATTC programs sampled approximately 86 percent of the trips by vessels of the U.S. fleet. Only one U.S. vessel did not carry observers. This vessel did not have a U.S. government permit to fish for tunas associated with dolphins, and thus was not required to carry an observer on any of its trips.

The fleets of Ecuador, Panama, and Venezuela all had 100-percent coverage by the IATTC program in 1992. The IATTC program sampled 80 percent of the trips by vessels of the Colombian fleet and 98 percent of the trips by vessels of the Vanuatu fleet, falling short of full coverage due to vessels which failed to take observers on trips which began in late 1991 and continued into 1992. Cyprus and Spain each had one vessel which made two trips without observers in the EPO. The Cypriot vessel fished under Ecuadorian jurisdiction after the two trips which were made without observers.

The sampling coverage of Class-6 seiners of the international fleet by the IATTC international program and Mexican and U.S. national programs is summarized in Table 16. The IATTC program sampled over 65 percent of all trips, and the three programs combined sampled over 96 percent of all trips. Both percentages are the highest for the 14 years in which the IATTC has been involved in this program.

A portion of the funding for the observer program was contributed by the Associazione Nazionale Conservieri Ittici e delle Tonnare (ANCIT) of Italy.

***Studies of the fauna associated with tunas***

When fishing effort is directed toward schools of tuna associated with floating objects ("logfish") and free-swimming schools of tuna ("schoolfish") the yellowfin caught are much smaller than those caught in association with dolphins. The estimated effect of a transfer of fishing effort from dolphin-associated fish to logfish and schoolfish on the yield per recruit of yellowfin is discussed elsewhere in this report. In addition, such a transfer would affect other species which are associated with floating objects and with schoolfish. Unfortunately, aside from data on fauna associated with floating objects collected by observers under the supervision of the IATTC staff (IATTC Annual Report for 1990: 26-28), there is little information on the fauna associated with tunas. To fill this gap, the forms used to record the data on fauna associated with floating objects have been redesigned, with improvements, and the observers have begun to collect data for these studies.

***“Dolphin-safe” certificates***

In 1990, the IATTC began providing “dolphin-safe” certificates to purse-seine vessels which carried IATTC observers whose data verified the fact that no dolphins had been intentionally chased or encircled during that fishing trip. These certificates are issued only at the request of vessel management. In 1992, the IATTC issued 88 of these certificates to vessels under the jurisdictions of Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

***Statements of participation***

During 1992, the IATTC issued on request “Statements of Participation” for 113 fishing trips by vessels under the jurisdictions of Colombia, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela. This document verifies that the vessel has been participating in the international observer program at the coverage level agreed upon by its government and the IATTC. It can also state that the vessel is equipped with all the dolphin safety equipment recommended by the IATTC and that the IATTC staff has verified the proper alignment and condition of the vessel’s dolphin safety gear during a trial set.

***Training***

Five courses for training observers in the collection of data aboard tuna vessels were held during 1992 (Table 17). The attendees were instructed in the identification of tunas, marine mammals, turtles, and seabirds, the requirements and procedures for data collection, methods for estimating the sizes of herds of marine mammals, fishing gear and operations, and shipboard protocol and safety.

The training session held in Long Beach and La Jolla, USA, was carried out in cooperation with the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). The course in Colombia was conducted at the request of the Colombian government, under the auspices of the Asociación Nacional de Industriales de Colombia and the Colombian government. It was coordinated by Mr. Fernando Pereira, advisor to the Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura of Colombia.

***Gear program***

A generous contribution for the gear program was received from ANCIT.

***Services***

During 1992 the gear program staff conducted dolphin safety panel (DSP) alignments and inspections of dolphin rescue gear aboard 26 vessels, 25 registered in Mexico and 1 registered in Vanuatu. The standard DSP consists of two strips of 1 1/4-inch (3.2-cm) mesh, made of 24-thread nylon twine, which replace part of the 4 1/4-inch (10.8-cm) mesh adjacent to the corkline; dolphins are less likely to get their snouts entangled with the finer mesh when being released from the net. In order to check the alignment of the DSP, a trial set is made, during which an IATTC employee observes the performance of the net from an inflatable raft during backdown. He transmits his observations, comments, and suggestions to the vessel’s captain, and attempts are made to resolve any problems which may arise. Afterward, a report is prepared for the vessel owner or manager. This report contains a summary of the IATTC employee’s observations and, if necessary, suggestions for improving the vessel’s dolphin safety gear and/or procedures.

The IATTC also offers other services to help individual vessels and fleets reduce dolphin mortality. Publications and video tapes on the subject are available at IATTC field offices. *Trip*

*analyses*, detailed reports of observed fishing trips, are prepared upon request and, after the required authorizations are obtained, sent to the vessel owners to allow them to assess the performance of the vessels and captains.

### ***Workshops***

Eleven workshops on reducing dolphin mortality were held during 1992 (Table 18). These workshops are intended not only for vessel captains, who are directly in charge of fishing operations, but also for other crew members and for administrative personnel responsible for vessel equipment and maintenance. Fishermen and others who attend the workshops are presented with certificates of attendance.

### ***Fish-aggregating devices (FADs) project***

In July 1991, the IATTC and the NMFS deployed 30 drifting FADs in the EPO as part of a joint project funded by Bumble Bee Seafoods, Inc. (IATTC Annual Report for 1991: 30-33). Of the 10 satellite-tracked FADs that were originally deployed, 9 were still transmitting at the beginning of 1992. One ceased transmitting in February, and two more ceased transmitting in September.

There were no reported sets on, or sightings of, any of the satellite-tracked FADs or any of the radio buoy-equipped FADs during the entire year. If the radio-buoy FADs had similar drift patterns as the satellite FADs, the absence of FAD encounters by vessels is most likely due to continued westerly drift of the FADs, which took them out of the area of the tuna purse-seine fishery of the EPO. By May, all of the eight remaining satellite FADs were west of 140°W, and by July, all were west of 150°W. Two satellite-tracked FADs crossed 180°, one in April and one in May.

In September it was decided to reduce future satellite service costs by placing the remaining satellite-tracked FADs, seven by then, in a lower-cost satellite-service mode for the rest of the year. In this service mode, positions for the satellite-tracked FADs were not available to the IATTC or the NMFS.

The drift patterns of the 10 FADs tracked by satellite are shown in Figure 34.

### ***Estimates of the mortality of dolphins due to fishing***

Estimates of the incidental mortality of dolphins during 1992 are shown in Table 19. These estimates represent a decrease in the total incidental mortality of 43 percent relative to the estimates for 1991. The number of sets made on yellowfin associated with dolphins increased by approximately 8 percent, while the average mortality per set declined by approximately 48 percent relative to the 1991 estimates.

Over the last seven years (1986-1992), the estimated incidental mortality due to fishing for all species of dolphins combined has decreased by more than 85 percent, from more than 133 thousand dolphins in 1986 to less than 16 thousand dolphins in 1992. The estimated fishing effort directed toward tunas associated with dolphins remained at about the same level during this period (Figure 35, top panel), but the mortality per set decreased from more than 12 to less than 2 dolphins (Figure 35, middle panel). The decrease in the total incidental mortality (Figure 35, bottom panel) is thus due almost entirely to a decrease in the mortality per set, rather than a decrease in fishing effort. A number of factors, many of which are under the control of the vessel captains and crew members, affect the mortalities of dolphins which occur during a set. The reduction in the average mortality per set can therefore be attributed to universal adoption of dolphin-saving gear and techniques by the fleet and continued improvements in the performance

of the captains and crew members. The distributions of the mortalities per set over the last seven years (Figure 36) show a decrease in the occurrence of sets with all levels of mortality, but especially for sets involving mortalities of more than 20 animals. Also evident in that figure is an increase in the occurrence of sets with zero mortality from about 43 percent in 1986 to about 77 percent in 1992. The average number of live dolphins left in the net after backdown has decreased from 5.9 animals in 1986 to 1.5 animals in 1992 (Figure 37), indicating more effective application of rescue procedures. Consistent with these trends, the percentages of observed sets involving net canopies or net collapses (two factors thought to contribute to high dolphin mortality) show decreases since 1990 (Figure 38).

### ***Estimates of the relative abundance of dolphins***

To monitor the possible effects of incidental mortality on the sizes of dolphin stocks, estimates of their abundance have been made, usually by applying line-transect methodology to data collected from tuna vessels, research vessels, or both. In recent years, the NMFS has carried out a series of cruises on research vessels for the purpose of estimating trends in the abundances of the major dolphin stocks. IATTC staff members have analyzed data gathered by observers placed on board tuna purse seiners. The tuna vessel data provide a large data base at no additional cost, with regular coverage of a substantial portion of the area occupied by the dolphin stocks. However, due to the nature of the fishery operations, the assumptions necessary for line transect sampling to yield unbiased estimates of absolute abundance are often violated. Procedures were therefore developed to obtain estimates as insensitive as possible to those violations (see IATTC Annual Report for 1987, pages 33-35). However, since these procedures are unlikely to remove all biases, the estimates should be treated as indices of relative abundance of the stocks, rather than estimates of their absolute abundances.

The relative abundance estimate for any given stock is obtained from an estimate of the herd encounter rate, an estimate of the average herd size, an estimate of the area of distribution of the stock in question, and an adjustment factor (derived from a model fitted to the sightings data) that accounts for herds that were not detected. To reduce biases, separate geographical stratification schemes are applied for estimation of each of the components of the estimator. A non-parametric procedure (bootstrap) is applied to estimate the variances, using data for individual fishing trips as resampling units.

The underlying trends in abundance are estimated by smoothing the series of estimates. This smoothing reduces the effect of extreme estimates (outliers) on the estimation of the trends, and improves the overall precision by incorporating more information in the estimation of each year's index. Since the numbers of dolphins are unlikely to vary greatly in successive years, smoothed estimates which combine information from neighboring years are a better indicator of change, and the resulting confidence intervals are more precise.

Smoothed confidence intervals are computed by combining the smoothing and bootstrap procedures. After obtaining a bootstrap estimate for a given stock for each year, the estimates are smoothed across years. This procedure is repeated 79 times, and for each year the 6th-smallest and 6th-largest smoothed estimates provide approximate 85-percent confidence limits. The sequence of medians of the smoothed bootstrap estimates is used as the "best" estimate of the trend. The smoothing procedure does not perform well on the first and last points of the series, so smoothed estimates are not given for the first and last years in the series for each stock. The IATTC staff has recently completed assessments of the smoothing method which indicate that it detects trends better, in most situations, than traditional methods based on linear regression analyses.

In November 1991, at a meeting of experts convened by the NMFS to review the status of the stocks of dolphins in the EPO, evidence from genetic studies was presented suggesting that the structure of the offshore stocks of the spotted dolphin should be revised. The panel recommended new boundaries, dividing the offshore stocks into a northeastern stock and a western and southern stock. These recommendations have been adopted by the IATTC staff, and estimates of the trends since 1975 for the newly-defined stocks have been calculated.

The numbers of nautical miles of searching effort by tuna vessels with observers on board and the numbers of sightings made during these searching periods during 1992 are shown in Table 20. The relative abundance estimates for 1992 are shown in Table 21. The estimates of the underlying trends for each of the main stocks associated with tunas in the EPO are shown in Figures 39-46.

### ***Offshore spotted dolphin***

The abundance of the northeastern stock declined during the late 1970s and early 1980s, and then increased during the 1983-1986 period. Since then the abundance has been relatively stable (Figure 39).

For the western and southern offshore stock (Figure 40), the data suggest that the population has been stable in recent years at a level slightly below that of the mid-1970s. The early estimates are very imprecise, however. It is unclear whether the lower estimates for the 1983-1986 period reflect real changes in abundance.

The low indices for the western and southern stock during 1985 and 1986 correspond to high estimates for the northeastern stock for those years, suggesting the possibility of movements of dolphins across the current stock boundaries. For this reason, the IATTC staff has chosen to analyze offshore spotted dolphins as a single stock. The two stocks together exhibit almost no change in recent years (Figure 41).

### ***Spinner dolphin***

The data for the eastern stock suggest that it has been stable over the last few years (Figure 42). With the exception of a high estimate for 1988, the unsmoothed indices for the last six years are in the range of 360 to 380 thousand animals, similar to the levels estimated for the late 1970s. A comparison with earlier estimates indicates that there is some evidence that the smoothed estimate for 1991 is less than that for 1976.

There have been no significant changes in the whitebelly stock during the last decade (Figure 43). The unsmoothed estimate for 1992 is at the level of those of the 1988-1990 period, suggesting that the estimate for 1991 was affected by El Niño conditions, as the two lowest estimates, those for 1983 and 1991, correspond to the years of El Niño occurrences.

### ***Common dolphin***

The addition of the estimate for 1992 causes the smoothed index for the northern stock for 1991 to be significantly less than the indices for the years prior to 1988 (Figure 44). However, as discussed in the IATTC Annual Report for 1991, pages 49-50, the interpretation of the recent trend in the indices is problematic, since the indices represent the abundance in only a fraction of the area of distribution of the stock. Aerial and ship surveys carried out during 1991 and early 1992 off Southern California showed large increases in abundance of common dolphins relative to previous estimates, suggesting that a shift in the distribution toward the northern portion of the range has occurred. Little fishing effort by tuna purse seiners occurs in most the area inhabited by this stock, so the estimates are seriously affected by this apparent change in distribution.

In addition, the mortalities due to fishing have been low for this stock, amounting to less than 0.5 percent of the best available estimate of its absolute abundance. A ship survey which will cover the entire range of the northern stock of common dolphins has recently been scheduled by the NMFS, and the data collected on this survey will lead to a better understanding of the spatial distribution of the stock within its range, and also about the distribution of offshore spotted dolphins, which also occur in this region.

The data for the central stock indicate a stable population size since the mid-1980s, after a decline during the late 1970s and early 1980s (Figure 45).

Data for the southern stock are very sparse, making trends in abundance difficult to assess (Figure 46). There are no significant differences among these estimates over the entire time series.

---

In summary, the pattern of stability in the relative abundance of the major stocks of dolphins seems to persist after the estimates for 1992 are incorporated into the estimation procedures for detecting trends. Although the observed changes in recent years are not significant, two of the major stocks (northeastern stock of offshore spotted dolphin and central stock of common dolphin) seem to be increasing slightly.

The results from surveys north of the assumed area of distribution suggest that the decline in the index for the northern stock of common dolphin is caused by a change in availability, rather than abundance, of dolphins. Future surveys will provide more information about the distribution of the northern common dolphin in this area.

### ***Tracking dolphins and tuna***

Medium to large yellowfin tuna (about 25 to 100 pounds or 11 to 45 kg) are associated frequently with dolphins at the surface of the ocean. They are found most often with spotted dolphins, but they also associate with other species, especially spinner and common dolphins. The nature of the tuna-dolphin bond is poorly understood, despite the many years of research devoted to tunas and dolphins in the eastern Pacific Ocean. Studies by the IATTC staff suggest that the bond may weaken at dusk. The similarity in the stomach contents of yellowfin tuna and spotted dolphins caught together suggests that the relationship may be food-based, although the similarity could be a result, rather than the cause, of this association. If the circumstances under which the bond weakens or breaks can be determined, this knowledge might lead to the development of methods for catching large yellowfin with purse seines without encircling dolphins.

Much has been learned about the biology of tunas and of dolphins from tracking studies, which involve attaching small electronic transmitters to the animals and following them for several hours or days to determine their horizontal and vertical movements. It was reasoned that much more could be learned about the tuna-dolphin bond if tunas and dolphins in the same aggregations were caught, tagged with electronic transmitters, released from the net simultaneously, and followed for several hours or days. Accordingly, a preliminary study was initiated by the IATTC, in cooperation with the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) and the University of Hawaii. The study was carried out off Central America during the period of November 6-December 5, 1992. The purse seiner *Nicole K.* was chartered by the NMFS to capture the fish and dolphins. The U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration ship *McArthur*, and launches carried by that ship, were rigged with sonic- and radio-tracking gear to track the fish and dolphins. The study was financed from funds appropriated by the U.S.



Congress for studies of the tuna-dolphin association and dolphin-safe methods for catching large tuna.

After the *Nicole K.* captured the tuna-dolphin aggregations, attempts were made to capture the tuna within the net prior to backing down by angling from a 17-foot (5-m) boat inside the net with handlines. When efforts to capture the tuna by handlining did not succeed, swimmers applied the transmitters to free-swimming fish just prior to and during backdown. Two types of ultrasonic transmitters, both with nominal longevities of 3 days and operating ranges of 0.50-0.75 nm (0.8-1.2 km), were used. One type allows monitoring of the fish's horizontal movements, and the other transmits pressure data to monitor its depth, as well as its horizontal movements.

The dolphins were caught by swimmers inside the purse seine prior to backing down and placed in a partially-flooded raft. They were then outfitted with radio transmitters secured with magnesium nuts that corrode in sea water, releasing the transmitters within a few days to a few weeks. The tagged dolphins were then released inside the net so that the entire aggregation could later be released from the net at the same time. The transmitters did not appear to hinder the swimming of the dolphins. In addition, time-depth recorders (TDRs), which recorded the depth of the dolphin every 10 seconds and the ambient temperature every minute, were attached to some of the dolphin transmitters. It was necessary to recapture the dolphins and remove the TDRs to recover the data.

The entire tuna-dolphin aggregations were released from the net at the same time. The two launches were positioned prior to the release along the anticipated escape route of the aggregation. During the tracking, a SEACAT mini-CTD (for measuring conductivity, temperature, and depth) or an expendable bathythermograph was deployed from the *McArthur* at 4-hour intervals. Observations of bird flocking behavior were also made from the *McArthur* to study the association of seabirds with tunas and dolphins, and to study the daily variation in flock size.

Eleven sets were made on spotted dolphins. Six dolphins were tagged during five sets, and five tuna were tagged during two sets.

Three tagged yellowfin and three tagged dolphins were successfully released from the net on one set. One tuna which had become entangled in the net while it was being retrieved was tagged with a depth-sensitive transmitter (60 kHz) and released back into the net. It appeared moribund, however, and was not expected to survive. Therefore, when two other tuna were tagged during backdown, one was equipped with another depth-sensitive transmitter at the same frequency while the other was tagged with a location transmitter (69 kHz). During backdown, all of the estimated 275 dolphins and about 13 of the estimated 15 tons of tuna were released, including the previously moribund tagged tuna, which was observed to be swimming with the school and apparently in good condition. Unfortunately, this led to confusion in tracking the tuna as they left the net when the two fish bearing identical transmitters swam in different directions. The signals were lost before a heading could be determined. During the subsequent three days no signals were received from the tagged tuna, even though all of the tagged dolphins were resighted or recaptured.

During another set, two tuna were tagged, but, unlike all of the dolphins (including two tagged ones) and the majority of the tuna, the tagged tuna did not escape from the net during backdown and were not tracked.

Five of the six dolphins were tracked for 1-2 days, and tracking of the sixth was abandoned after 2 1/2 hours to attempt another set. The radio-tracking system worked very well, with ranges up to 13 nm (24 km) from the *McArthur* and the *Nicole K.* and greater than 5 nm (9 km) from the launches. The system is far superior to manual direction-finding systems previous-

ly used for tracking dolphins. The dolphins generally did not appear to react to close approach by the tracking boats, nor did they avoid the *McArthur* when tracking from less than 2 nm (4 km) was conducted. The dolphins appeared to scatter, however, when the *McArthur* approached slowly to within 1/2 nm (1 km) of the group to listen for acoustic signals from the tuna. The dolphins sometimes avoided the tracking boats when the purse seiner or its helicopter was nearby. After one set, the dolphins swam rapidly away from the net for several hours after being released. It is not known whether being followed by the tracking boats contributed to this behavior.

Tracking the dolphins, even without the simultaneous tracking of the tuna, proved to be worthwhile for several reasons. It provided data on the movements and diving times of the six animals. Their movement speeds and surfacing patterns can be compared under different circumstances, *e.g.*, feeding *versus* travelling and "normal" behavior *versus* behavior during the chase or after release from the net. Tracking the dolphins overnight also reduced the time required to find a tuna-dolphin aggregation to set on the next morning. Because it was feasible to make repetitive sets on the same herd of dolphins and observe them from the helicopter, it was possible to collect data on the recruitment of tuna to the dolphins. It was also possible to monitor the integrity of the herd of dolphins.

Tracking the dolphins also provided an opportunity to recover the TDRs. It was initially thought that it would be difficult to monitor a particular individual while setting on a running and scattering dolphin herd, then encircle the portion of the herd containing that individual, and then remove that individual from the herd while it was in the net to recover the TDR. Nevertheless, two of the three TDRs deployed were recovered after the dolphins had been at liberty for 25 to 44 1/2 hours.

Because the TDRs measured and stored data on the depth of the dolphins and the ambient temperature at frequent intervals, histories of the dolphins' diving behavior were preserved when the TDRs were recovered. These are the first such data collected for spotted dolphins. They can be used to determine the times and depths that the dolphins feed and their preferred swimming depths, particularly in relation to the thermocline. In addition, the data may be useful for calibrating estimates of herd size by calculating the percentage of time that, on average, a dolphin would be visible at or near the surface.

Preliminary analysis of the TDR data indicate that spotted dolphins make deep dives at night, apparently to feed on organisms in the deep scattering layer (Figure 47). These deep dives are particularly apparent at dawn and dusk. The daytime diving pattern is also quite interesting; the dolphins consistently dive to just above the thermocline and swim at that depth before returning to the surface (Figure 48). These patterns are being examined in more detail.

The primary reason for placing the TDRs on the dolphins was to compare the diving behavior of the dolphins with that of tuna tagged with depth-sensitive transmitters. Although it is not yet possible to compare the diving patterns during simultaneous tracks, the data collected during this study can now be compared with data on swimming depths from previous tracking studies of yellowfin tuna (IATTC Annual Report for 1981: page 29).

During this study many of the uncertainties that were inherent in such an ambitious project have been resolved. It was found that it is possible to capture, tag, and track dolphins effectively and that the tracking boats can closely approach the dolphins without disrupting their behavior. It was particularly heartening to discover that it is easier than previously thought to recapture individual dolphins to recover their TDRs. It was found that tuna can be tagged by swimmers in the backdown channel, and that if sufficient numbers of tuna were present, they can be backed out of the net with the dolphins. It was also found that at least 10 to 15 tons of

tuna should be in the net when the tuna and dolphins are tagged and released. These larger schools came closer to the surface, particularly as the net was constricted, making it easier to tag the fish, and larger schools were also easier to back out of the net. During future studies, the methods for tagging the tuna and releasing them from the net nearly simultaneously with the dolphins will be refined.

### ***International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects***

An International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects was held at Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, USA, on February 11-14, 1992. It was organized by scientists of the Tuna-Dolphin Program and sponsored by Bumble Bee Seafoods, Inc., of San Diego. The objectives of the meeting were to: (1) review the information from the world's oceans about fisheries for tunas associated with floating objects ("logs"); (2) compare these fisheries in light of differences in the physical and biological oceanography, coastal topography and vegetation, precipitation patterns, and river outflows in different areas; and (3) identify research needed to achieve a better understanding of the association between tunas and logs. Scientists and other experts with knowledge of tuna biology, fish and mammal behavior, forestry, terrestrial and coastal ecology, oceanography, and fishing practices were invited. A total of 65 people from France, Japan, the Philippines, Russia, Senegal, the Seychelles, Spain, the United States, Venezuela, the South Pacific Commission, and the IATTC attended the meeting, and 26 papers were presented by the participants.

The workshop consisted of five consecutive sessions: Regional fisheries on floating objects; Log communities; Sources and fate of logs; Circulation of logs; and Schooling and other fish behavior. The first 2 1/2 days of the workshop were dedicated to reviewing and comparing the available information on these topics. The second half of the third day was used for discussions by working groups with particular interest in the sections described above. During the last day a discussion on assessment and management issues arising from the association of tunas with logs was held.

What follows is a summary, extracted from a more detailed report, of the conclusions reached at the five sessions.

#### ***Regional fisheries on floating objects***

In general, fishing for tunas associated with floating objects ("log fishing") occurs in productive waters adjacent to land areas with productive tropical forests and abundant rainfall. The seasons during which log fishing is most successful are positively correlated with the seasons of greatest river discharges. Many aspects of the association of tunas and logs are similar in all oceans. One common observation is that the behavior of tunas associated with anchored fish-aggregating devices (FADs) differs from that of tunas associated with drifting logs. In most fisheries, it has been observed that tunas associate with logs at night and in the early morning. Foraging, up to several miles away from the log, occurs mostly during the daylight period.

The association between yellowfin tuna and dolphins, which is so prevalent in the eastern Pacific Ocean, appears to occur much less frequently in other ocean areas, although there are reports of its occurrence in most of these areas. The length-frequency distributions of yellowfin caught by different modes of purse-seining and by different types of gear are different. Smaller fish are caught in association with logs and in free-swimming schools. Larger fish are caught in association with dolphins, and the largest fish are caught by longlines. An analysis of floating objects in the eastern Pacific indicates that most are wooden objects, mainly trees or tree parts, and that the type of object has little influence on the catch obtained.

In the central Pacific, significant portions of the catches of tunas are taken in the vicinity of anchored FADs. Fishing takes place during the daytime, and involves mostly deep-water fish. Fish caught in the vicinity of FADs are larger than those caught by log fishing. The largest fish are caught in free-swimming schools.

The catches of tunas in the western Pacific have increased in recent years, due mostly to increases in the numbers of large purse seiners. Most of the fish are caught in free-swimming schools, with up to 6 percent of the catches consisting of fish caught in association with anchored FADs. Virtually no fish are caught in association with dolphins, but some fish associated with live or dead whales are caught. Yellowfin tend to be larger in free-swimming schools than in log-associated schools. Floating objects are most abundant during the third and fourth quarters of the year.

In the eastern Atlantic, log-fishing has become important in recent years, mainly after expansion of the fishery to the area south of the equator. Drifting FADs have recently been introduced. The catches of fish associated with floating objects are greater than those of free-swimming fish, and the ratio of successful sets to total sets is greater for log-associated fish than for free-swimming fish. Tunas are occasionally found associated with whales, but only rarely in association with dolphins. Yellowfin associated with logs are mostly small, while those caught in the vicinity of anchored FADs tend to be larger.

In the western Atlantic-Caribbean region, tunas are caught most often in free-swimming schools, followed by schools associated with whale sharks, whales, and logs, in that order. The average catch per set is greatest for fish associated with logs. There are no appreciable differences in the sizes of fish caught by the different modes of purse-seine fishing.

In the Indian Ocean, where the catches have increased considerably in recent years, fishing is directed primarily at free-swimming schools. Significant numbers of sets are made on fish associated with logs, and since 1991 there has been an increase in the use of drifting FADs. In contrast to what has been observed for other oceans, the catches per set for free-swimming and log-associated schools are similar. The fish caught in association with logs tend to be smaller than those caught in free-swimming schools.

It was agreed that future studies should address the residency times of tuna associated with logs, the reasons that tunas associated with anchored FADs behave differently from tunas associated with drifting objects, why the amounts of tunas associated with FADs fluctuate, with long unproductive periods between periods of above-average productivity, how availability of food limits the abundance of yellowfin, and the benefits and costs for yellowfin associating with dolphins.

### **Log communities**

The question as to whether the fauna associated with logs represent biological communities or facultative aggregations was discussed during the presentations. It was suggested that an answer to this question may not be necessary for selecting the best design for a FAD. If, however, fauna associated with logs constitute communities, then studies should be made of how different species colonize a log and fit into different niches over time. The aggregations associated with floating objects are similar in all oceans. The more common components include dolphinfish (*Coryphaena* spp.), tunas (yellowfin, bigeye, skipjack, black skipjack, and bullets), sharks (*e.g.* silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, and blacktip sharks, *C. limbatus*), trigger fish (Balistidae), marlins (*Makaira* spp.), sea turtles, and sea birds (*e.g.* frigate birds (Fregatidae) and boobies (*Sula* spp.)). It was suggested that the prey species within these communities do not avoid the predators, but that the predators and prey are co-adapted to keep each other in sight

and to maintain appropriate inter-specific distances. The biomass of prey species encountered in the vicinity of logs seems to be insufficient to sustain the biomass of tunas and other predators associated with logs. Several studies were suggested to explore the structure and trophic relationships of these aggregations.

### ***Sources and fate of logs***

It was noted that the amounts of logs transported to the ocean by rivers are not proportional to the sizes of the rivers. Rivers that traverse extensive uplands usually carry few logs. Large logs originate mostly in forests at lower altitudes, or are carried to the sea by mountain rivers with heavy flows running down steep slopes. It has been estimated that 0.05 percent of fallen tropical rain forest trees eventually find their way to the ocean. About half of the floating objects at sea are the result of human activity. Due to their chemical composition, some tropical trees, such as mangroves, do not float for extended periods of time.

Seasonality is common in the production of logs, with the peaks usually related to the occurrence of the rainy seasons. In the western Pacific, a seasonal pattern in the production of logs is less obvious; this might be related to differences in the timing of the rainy season in different areas which supply logs to the western Pacific Ocean.

It was questioned whether the tuna-log association could be an evolutionary adaptation if it is assumed that floating objects have become plentiful only recently due to man's activities (e.g. deforestation and dumping of debris into the oceans). It was noted, however, that natural logs were plentiful in the Pacific Ocean prior to the advent of logging activities and that, in the long term, there seems to have been a decline in the production of logs. Progressive and continued deforestation might be the principal cause, but also the increase in water control, such as the building of dams, might have reduced the transport of logs to the sea.

The group recognized that it would not be difficult to identify more precisely the sources of natural logs, and that the acquisition of such information would be highly useful.

### ***Circulation of logs***

Models of log circulation should take into account the influences of both wind stress and currents, but it is not clear how logs actually behave with respect these two components. In general, it is not possible to say that logs are indicators of areas of high primary productivity. Areas which are good habitats for tunas, however, are generally areas with larger prey which, in most cases, are downstream from or near areas of high primary production. Convergence zones, which are not thought to be areas of high primary productivity, are likely to concentrate logs and prey of tunas. It was noted that current interfaces (convergence and divergence zones) are frequent features of many major fishing areas. Therefore, more detailed studies of these areas, which is feasible with current remote-sensing technology, could yield interesting and useful results.

### ***Schooling and other fish behavior***

The evidence currently available indicates that tunas display different behavior when associated with anchored objects than they do when associated with drifting objects. Tracking experiments suggest that schooling may not be the dominant mode of behavior for yellowfin around Hawaii. They do not appear to school at night or while traveling. Tunas associate more closely with an anchored FAD during the day, and then disperse within a 5-mile (9-km) radius of the FAD at night. It was suggested that similar tracking studies should be carried out with drifting logs in the Pacific Ocean and with anchored FADs and drifting logs in other oceans. The group emphasized the importance of detailed knowledge of the feeding habits of tunas and the

need of comparative studies of food habits of tunas caught in log, schoolfish, and dolphin sets. It was considered particularly important to compare the food habits of tunas in the eastern Atlantic with those of tunas in the eastern Pacific to determine whether this would explain the difference in the incidence of association with dolphins.

### STATUS OF TUNA STOCKS IN 1992 AND OUTLOOK FOR 1993

The convention establishing the Inter-American Tropical Tuna Commission states that its principal duties are to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean (EPO) to determine the effects that fishing and natural factors have on their abundance and, based on these studies, to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will allow maximum catches on a sustained basis. To fulfill this responsibility, a broad program of research involving biological and oceanographic studies and the acquisition and interpretation of detailed statistics of catch and effort of vessels fishing in the EPO is carried out by the Commission's staff. In keeping with these responsibilities, background papers are prepared to inform the Commissioners of the staff's current assessment of the status of the tuna resources of the EPO. The information in these background papers is reprinted in this Annual Report, with minor changes, to make it available to the general public.

### YELLOWFIN

Yellowfin is the most important species taken by the surface fishery for tunas in the EPO. A variety of age-structured and production models has been used by the IATTC staff to assess the effect that fishing has had on the abundance of yellowfin in the EPO and to determine the present condition of the resource.

#### *Age-structured models*

Age-structured models make use of data on recruitment and on the growth and mortality of individual fish. Estimates of these parameters are obtained from analyses of length-frequency and otolith data from the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The IATTC staff has collected data on the size composition of the fish in the catches of yellowfin in the EPO since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951-1954 by the California Department of Fish and Game. The otoliths were collected during 1977-1979, and the analyses were carried out during the early 1980s. Tagging was conducted principally from 1955 to 1981, and analyses of these data are still in progress.

#### *Cohort analyses*

Cohort analyses performed by the IATTC staff have produced information concerning the abundance and mortality of fish of individual cohorts which has been highly useful for stock assessment. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X73 cohort, which reached a length of 30 cm in about November of that year, first entered the fishery in small numbers during the first half of 1974, and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y73 cohort, which reached a length of 30 cm in about May of 1973, first entered the fishery in small numbers during the second half of

that year, and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1974.) As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. Then estimates are made of the numbers of fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. These are called the "initiating" rates of fishing mortality. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency, weight-length, and sex ratio data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be easily distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the instantaneous annual rate of natural mortality ( $M$ ) is used for all ages of males. For females,  $M$  is assumed to be 0.8 for the first 30 months in the fishery and then to increase linearly to about 4.8 at 80 months. (In practice, it varies somewhat among cohorts.) Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, the growth rates vary, and the times of recruitment vary. All of these introduce "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

The estimated average populations of fish of the various cohorts, in numbers of fish, are shown in Table 22. For the X68 cohort, for example, there was an average of 23,667,000 0-year-olds during the last quarter of 1968, and the population of that cohort during the first, second, third, and fourth quarters of 1969 averaged 19.38, 15.76, 12.53, and 9.40 million fish, respectively (1969 rows, I column). In 1970 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 6.30, 3.76, 2.84, and 2.15 million fish, respectively (1970 rows, II column), and so on. The average numbers of 0-, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds of the seven X cohorts (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1963, and 1962) during the last quarter of 1968 were 23.67, 9.18, 2.26, 0.61, 0.13, 0.06, and 0.02 million, respectively (1968, last row). The table is read the same way for the Y cohorts as for the X cohorts, except that the Y cohort first appears during the second quarter of the year.

Estimates of the numbers of recruits for each cohort for 1967-1992 are listed in Table 23. The estimates for 1992 are preliminary and subject to change, however. This is because the recruits have been exposed to the fishery for less than one year, and if their vulnerability to capture was above or below average the recruitment would have been over- or underestimated. The same is true, to a lesser extent, for the estimates for 1991. The averages of the initial recruitments (Columns 2-4) are 36 million for the X cohort and 44 million for the Y cohort; the averages of the average populations during the month of recruitment (Columns 5-7) are 35 million for the X cohort and 42 million for the Y cohort. The variability (ratio of the largest to the smallest estimate) among years is roughly the same for the X cohort (3.31) and the Y cohort (3.01), and that for the combined data (2.66) indicates an inverse relationship (not necessarily significant) for the two cohorts. The recruitment has been variable, but the average for 1978-1992 has exceeded that for 1967-1977. There appears to have been an upward trend in recruitment over the last 20 years or so, the initial recruitment averaging about 64, 73, and 98 million fish during the 1967-1975, 1976-1982, and 1983-1992 periods, respectively (Figure 49). It could be argued, however, that this is due to chance variation, especially for the 1973-1992 period, when the initial recruitment has averaged about 87 million fish.

The numbers of fish in Table 22 were converted to weights, using data on the average weights of fish of different sizes (Table 24) to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) for each cohort. Different initiating rates of fishing mortality were estimated for the months during which different cohorts were last exploited, depending on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates greater and less than those considered to be the best estimates. Some tuning of these initiating rates was done to obtain a better comparison of the cohort estimates (Figure 59, bottom panel) to the other estimated trends in abundance (Figure 59, top and middle panels). The estimates of biomass shown in Figure 50 were calculated using monthly values. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the recruitment of X84 and Y84 cohorts combined was about average (Table 23) and their biomass (Figure 50, cross-hatched) was greatest at age 2. These cohorts were not fished heavily until 1987, when they were 2 years old (Figure 51). The initial recruitment of the X72 and Y72 cohorts combined (Figure 50, diagonal lines), on the other hand, was below average (Table 23), and after the Y-cohort fish were fished heavily as age-1 fish in 1973 (Figure 51) their biomass was relatively low (Figure 50) in the succeeding years.

In Figure 52 are shown the average annual biomass estimates for 1967 through 1992 for all fish regardless of age and for "large fish" (all X- and Y-cohort fish which had been in the fishery more than 17 months). During 1967-1971 the total biomass averaged about 360 thousand short tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from recruitment during 1965-1967 which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass of the older fish from 1969 to 1973. The lesser biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1973 year class (Tables 22 and 23). That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in 1975 and 1976. The greatest catch of yellowfin in the history of the fishery prior to 1985 was made during 1976 (Table 25). Below-average recruitment during 1975 and 1976, coupled with heavy exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing until 1982, when it reached the lowest level observed in the recent history. Although the 1977 recruitment was well above average, exceeded only by those of 1973, 1987, and 1989, so many of these fish (and those of the 1978 recruitment) were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was below average from 1979 through 1982, about average from 1983 through 1985, and above average from 1986 through 1992. The biomass increased in 1983, due primarily to lesser fishing effort, and increased greatly in 1984 and 1985, due to increased recruitment and reduced fishing on young fish. Since then, based on cohort analyses, it has increased more slowly.

The annual catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined during 1967-1992 are shown in Figures 51 and 53. In Figure 51 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years, whereas in Figure 53 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year.

Comparison of Figures 50 (annual estimates of the biomass of the X and Y cohorts), 52 (annual estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 53 (catches during each year by age) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970s, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The total contributions of the combined X and Y cohorts from 1967 through 1987 (Figure 51) ranged



from 148 thousand tons for the 1976 cohort to 392 thousand tons for that of 1987, with an average for the 21 groups of 227 thousand tons. If the Y73 cohort had not been fished so heavily during its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these combined cohort catches by the corresponding initial estimates of recruitment (Table 23) gives yield-per-recruit estimates for each combined cohort (Figure 54) which varied from 4.8 to 7.5 pounds, (2.2 to 3.4 kg). The initial recruitment for 1967 through 1987 varied from 49 million to 130 million fish (Table 23), averaging 74 million fish, producing an average yield per recruit of 6.1 pounds (2.8 kg).

#### *Yield-per-recruit analyses*

In addition to cohort analyses, yield-per-recruit analyses have been used by the IATTC staff. When the fish of a cohort are young the total weight increases because the growth in weight of the individual fish is rapid, while the losses to the cohort due to natural mortality are moderate. Later, as the fish grow older, their growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be about the same. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish (assuming, for this discussion, that this is the object of management) would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the survivors at the age or size at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth (the "critical age" or "critical size"). This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing effort on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the size at entry (*i.e.* the size of the smallest fish caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high a size at entry only slightly less than the critical size would be selected, most of the fish caught would be close to the critical size and age, and the yield would be almost as great as under the second alternative. If the fishing effort is lower a size at entry considerably below the critical size would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of sizes and ages, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the size at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the size at entry is greater than the critical size unlimited effort can be permitted, but if the size at entry is less than the critical size restriction of the effort may increase the yield.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent years would be reduced. Therefore a fishing strategy designed to produce the maximum yield per recruit will not necessarily produce the maximum yield. If the fishing pattern has an impact

on the future recruitment, the maximum yield will be obtained by controlling the fishing to optimize the cohort size and yield per recruit simultaneously. This will be discussed in more detail later. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as this does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model, as described here, does not take into account the possibility of changes in recruitment, but this is an integral part of production models, which will be discussed later.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower, or the natural mortality may be greater, when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lesser natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical size and age will vary according to population density. This is another complication not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is automatically compensated for in production models.

Proceeding now to yellowfin in the EPO, the estimates of growth and natural mortality obtained by the IATTC staff are not as reliable as desired, but the critical size is estimated to be roughly 116 cm (70 pounds or 32 kg). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably smaller than this. When most of the tuna fleet converted from bait to purse-seine fishing in the late 1950s and early 1960s, the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin by surface gear increased considerably during the period after the conversion to purse seining, averaging about 105 thousand tons for 1961-1970, as compared to about 84 thousand tons for 1951-1960. The offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960s was an important factor in these greater catches, but the increase in the average size of the fish caught was also partially responsible for the increased catches.

The objective of management specified by the IATTC convention is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY). The maximum yield per recruit is equivalent to the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners, as discussed above. The estimated yields per recruit produced by different combinations of size at entry and fishing effort for two different time periods are shown in Figure 55. (Fishing effort will be discussed in more detail in the section entitled *Production models*.) Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon the growth-in-weight data shown in Table 24, coefficients of fishing mortality obtained from estimating the biomass as described in the subsection entitled *Cohort analyses*, and estimates of the coefficients of natural mortality given in that subsection. During the 1978-1982 period the fishing effort was directed more or less equally at small, medium, and large fish, whereas during the 1989-1992 period the effort was directed most at large fish and least at small ones. The effects of this shift can be seen in the age-frequency histograms in Figure 53. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 70 pounds (32 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 9.3 pounds (4.2 kg). The sizes at entry which would produce the maximum yields per recruit for various multiples of fishing effort are shown in Figure 55 as dashed curves. These are called eumetric fishing curves. For the 1978-1982 case, it can be seen in the upper panel of Figure 55 that if the size at entry were increased to about 42 pounds (19 kg) and the effort increased from 33 thousand days (the 1978-1982 level) to about 46 thousand days, the yield per recruit would increase from about 5.0 pounds (2.3 kg) to about 8.0 pounds (3.6 kg). For the 1989-1992 case (Figure 55, lower panel), changing the size at

entry to about 42 pounds (19 kg) and increasing the effort from 21 thousand days (the 1989-1992 level) to about 46 thousand days would increase the yield per recruit from about 6.5 pounds (2.9 kg) to about 8.5 pounds (3.9 kg).

The above description contains the implicit assumption that alteration of the size at entry does not change the areal distribution of the fishing effort. This assumption would be justified if the fishery operated as follows. At first, when the size at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the size at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is likely that if for any reason the size at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing mostly small fish and more in those containing mostly large fish, so the fishing effort on the large fish would probably increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit more than indicated in Figure 55. It appears that this has happened in recent years.

The total yield is the product of the estimates of the yield per recruit and recruitment. For example, the yield per recruit (determined from the lower edge of Figure 55) for the 1978-1982 period, with fishing effort of 33 thousand class-6 days, is about 5.0 pounds (2.3 kg). For the 1989-1992 period, with fishing effort of about 21 thousand days, the yield per recruit is about 6.5 pounds (2.9 kg). From the cohort analyses (pages 66-69) it was determined that the annual average yield per recruit was 6.3 pounds (2.9 kg) for 1967-1992 (Figure 54, bottom panel). The yields obtainable with these yields per recruit and an initial recruitment of 90 million fish, the average for 1977-1992, are as follows:

Period	Yield per recruit (pounds)	Recruitment (millions of fish)	Yield (thousands of tons)
1978-1982	5.0	90	225
1989-1992	6.5	90	293
1967-1992	6.3	90	284

The yield with the size-specific fishing mortality pattern of 1989-1992 is 30 percent greater than that with the pattern of 1978-1982. It was pointed out in previous Annual Reports of the IATTC that a shift of fishing effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. Such a shift did occur, and this resulted in increased catches during 1985, 1986, and 1987. The fishery took more smaller fish in 1988, however, due to especially high recruitment during 1987, and then returned to catching larger fish in 1989, 1990, 1991, and 1992 (Figure 15). As can be seen in Figure 54, bottom panel, the yield per recruit decreased to less than 6 pounds in 1988, and then averaged more than 6.5 pounds during the 1989-1992 period. The yield per recruit within a year (Figure 54, bottom panel) is highly correlated with the average weight caught (Figure 56) within that year (Figure 57).

### ***Production models***

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. When a population of fish has not been exposed to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, *etc.*, prevent the population from growing beyond that

maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality the population is said to be in equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than average and years of especially poor environmental conditions when the population is less than average, but these can often be ignored when looking at long-term trends.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still be due to recruitment and growth, but the losses to the population would be due not only to natural mortality, but also to fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset the corresponding decreases in CPUE, resulting in greater catches, but at greater levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the objective of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the IATTC's convention) the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat greater. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions are rarely present. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point with a lesser CPUE is reached. The catches will be greater during the period of transition than at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low level and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a greater CPUE. The catches will be less during the period of transition than at the new point of equilibrium.

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the EPO. The previous discussion has dealt with "a population of fish." Production models are not applicable unless the amount of interchange between the fish in the area of study and adjacent areas is relatively low. The extent of interchange of yel-

lowfin between the CYRA and the area outside the CYRA (Figure 58) has been studied, and the results have been discussed in previous Annual Reports of the IATTC. Prior to 1990, production modelling was done only for the CYRA, but, as mentioned on page 48 of the IATTC Annual Report for 1989, the staff has decided to carry out analyses based on the assumption that the catches made in the EPO (east of 150°W) come from a single stock. Limited data indicate that the mixing of fish between the EPO and the area to the west of 150°W is not extensive.

Assuming that production models are applicable, that fact can be detected only if (1) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including periods of both underfishing and overfishing, and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in previous Annual Reports of the IATTC. As far as could be determined, these effects usually balanced out over fairly short periods of time, so it was decided that they could be ignored without invalidating the use of the model.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard type can be estimated, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factors. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The IATTC staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort have been measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs have been referred to as catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF). In this section only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated Class-6 purse seiners (greater than 400 tons capacity) is used except in the searching-time model (Figure 59, middle panel), which will be discussed in the next paragraph.

The CPDF values for 1967-1992 are shown in the top panel of Figure 59. In the middle panel of that figure is shown an index of abundance for 1970-1992 based on a "searching-time" model (IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 3) which is similar to the CPDF model. Indices of the abundance of yellowfin derived from the cohort analyses described previously are shown in the bottom panel of the figure. The trends for all three indices are similar, although the cohort index indicates greater abundance relative to 1970 than do the other two. Two of the indices show the population increasing from 1985 to 1986, decreasing from 1986 to 1987, and then remaining at about the same level. The other shows it increasing from 1984 to 1985 and then increasing more slowly from 1985 to 1992.

The CPDF data shown in Table 25 and Figure 59, top panel, indicate that the abundance of yellowfin in 1986 was the greatest for any year of the 1967-1986 period, and that since then it has stabilized at a level slightly less than that of 1986. The increase was expected, due to the low catches in 1982, 1983, and 1984 which permitted the population to increase, and the decline from 1986 to 1987 was also expected, due to the large catches during 1986 and 1987. The CPDFs

for 1984-1991 have been even greater than expected, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lower demand for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where these are most abundant, and (3) the larger average size of yellowfin taken, which resulted in a greater yield per recruit. With reference to point (2), it should be noted that the searching- time model (Figure 59, middle panel) includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur.

The symmetrical production model, described below, was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the inshore area (Figure 58) for the period of 1934-1955, which included a wide range of effort on the underfishing side of the curve. Those data indicated that, within the ranges of fishing effort for which information was available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

Prior to the mid-1960s the fishery was pursued only in the inshore portion of the EPO and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late 1960s, however, the fishing fleet began to increase in size and extended its operations much further offshore. The inshore, offshore, and far offshore areas are termed Areas A1, A2, and A3, respectively, in Figure 58. If the interchange of fish among these three areas is instantaneous the AMSY of the three areas combined would be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the three areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the three areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish among the three areas, so the AMSY for A1, A2, and A3 combined is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs for A1, A2, and A3. These studies have been described in more detail in previous Annual Reports of the IATTC.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

Regression techniques are used to obtain estimates of the parameters in the production models, using observed catch and effort data for a number of years. One of these parameters is an estimate of the population biomass at the beginning of the first year. The population biomass at the beginning of the second year is estimated by using the model, the catch in the first year, and the other parameter estimates. This process is continued sequentially for the remaining years. Estimates of the average population biomass for each year are obtained similarly.

With production models, it is important to remember that the growth (positive or negative) of a population is determined by three factors, growth (due to growth of individual fish and to recruitment), natural loss, and catch. In any given year the catch is fixed, so whether the pop-

ulation increases or decreases is determined by its size at the beginning of the year. If, for any reason, natural factors cause the population to decrease more than expected from the model, the expected value for the beginning of the next year will be greater than the actual value. This overestimation will continue until, for some reason, the population grows more rapidly than expected from the model. The opposite would be the case if the population at first grows more rapidly than expected from the model. There is a fundamental difference between underestimation and overestimation, however. When the population growth is less than expected the catches will be reduced and the model will estimate changes which are less than the real changes. The catches will continue to be less than expected, but a catastrophic outcome will not be forecast. When the population is greater than expected the catches will be greater than expected, and the model will estimate declines in the population which are greater than the actual changes. If large catches occur in several successive years the model may forecast a complete collapse of the population even when it is at a safe level. This phenomenon is the result of the sequential process employed by the IATTC staff, and it probably manifested itself during the 1984-1991 period.

In the years previous to 1987 the estimation had been done without adjustments to compensate for the sequential nature of the estimation process, but by then, as explained in the preceding paragraph, it seemed necessary to make some sort of adjustment. The adjustment used to obtain the 1987 estimates was accomplished by interrupting the sequence of population estimates at 1985, and re-estimating the biomass by dividing the observed CPUE for 1985 by the estimate of the coefficient of catchability. This seemed like a reasonable adjustment, given that all three estimators shown in Figure 59 were high for 1985. The new procedure had minimal impacts on the estimates of the parameters, but a great impact on the estimate of the 1987 population size. In recent years two fits have been estimated, one for the 1968-1983 period and another for the period from 1984 to the most recent year for which data are available.

Two analyses for the CYRA based on production models were discussed in the IATTC Annual Reports for 1986, 1987, and 1988. One of these employed the logistic or symmetrical model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and CPUE is linear. The other employed the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and CPUE need not be linear. For both of these only the effort data, estimated by dividing the total catch by the CPDF for Class-6 vessels, were used. For both of the fits the coefficient of catchability,  $q$ , was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for 1968-1982, implying that the catchability of the fish of the various ages has not changed with time. The data for these two curves are as follows:

Fit	$m$	$q$	Maximum sustainable yield in thousands of tons	Sum of squares (x 10 <sup>-9</sup> )
1	2.0	0.000039	174	2.224
2	0.8	0.000039	178	3.330

$m$  is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and *vice versa*.

Based on production model analyses employing data for 1968-1985, it was stated in the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the CYRA stock to its optimum size the 1986 catch

in the CYRA should not exceed 224 thousand tons. However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota for the CYRA was set at 205 thousand tons. The catch in the CYRA in 1986 was 253 thousand tons, and yet the indices of abundance did not show a decline during 1986. It was shown previously that this unexpected increase in production was due to increased recruitment and yield per recruitment. Fluctuations in recruitment and changes in age-specific fishing mortality have always created difficulties in applying the results of production model analysis. As has already been stated, the recruitment was high during 1983-1990, and probably 1991 and 1992 as well, and these high levels of recruitment, coupled with changes in age-specific fishing mortality, make short-term reliance on production model analyses alone misleading. For example, adding the 1986 and 1987 data to the 1968-1985 data base and re-estimating the production model parameters made little change in the estimates of  $AMS_Y$  and optimum effort, and over the long term both the symmetrical and asymmetrical models, with the adjustment discussed above, described the average potential production from the stock fairly well. When the data for 1988 were added, however, the need for a different explanation was obvious. The catch for 1988 was so great that a population crash and extremely low CPUEs in early 1989 were expected from the model. This, obviously, did not happen.

During the three periods mentioned on page 67 the estimated initial recruitments, average weights, yields per recruit, potential yields, and annual catches for the EPO were as follows:

Period	Initial recruitment (millions of fish)	Average weight in pounds (kilograms)	Yield per recruit (pounds)	Potential yield (1000 tons)	Observed catch (1000 tons)
1967-1975	64	24.4 (11.1)	6.8	218	184
1976-1982	73	14.7 (6.7)	5.3	193	212
1983-1992	98	24.2 (11.0)	6.5	318	270

Since the observed catches during the first two periods were about the same (although for different reasons), fitting the production models to catch and effort data for 1968-1984 can be accomplished without complications. As both the recruitment and the yield per recruit increased during the last period, however, it has become impossible to explain the relationship between catch and effort by assuming that the population parameters remain constant. Accordingly, the data for the EPO have been fit with two different sets of parameters, one for the data for 1968-1983 and one for the data for 1984-1992 (Figures 60 and 61, top panels). The results are as follows:

Period	$m$	$q$	Maximum sustainable yield in thousands of tons	Sum of squares ( $\times 10^{-9}$ )
1968-1983	2.0	0.000027	211	1.7680
1968-1983	0.8	0.000027	200	1.9000
1984-1992	2.0	0.000039	322	0.4295
1984-1992	0.8	0.000039	328	0.4248

The estimated yields for the 1984-1992 period seem too high, based on the yield-per-recruit modelling, but only nine years of data are available, and only the last eight contribute to the fitting. The symmetrical model ( $m = 2.0$ ) seems to give a better fit (Figure 60), but the asymmetrical



model with  $m = 0.8$  (Figure 61) gives a smaller sum of squares for the latter period. The yield-per-recruit model indicates that the asymmetrical model should be more appropriate.

In the lower panels of Figures 60 and 61 the observed CPDFs are compared to the expected CPDFs computed from the model itself, using values for  $m$  of 2.0 and 0.8 and data for two different time periods. It can be seen that they correspond fairly well, on the average, over the series of years shown. In specific years there are wide divergences, however, particularly for  $m = 0.8$ . The reason for this is that the production models are essentially regression models which assume average conditions, and cannot reflect the effects of large, short-term changes in recruitment or age-specific mortality.

### ***Status of the stock during 1992 and considerations for 1993***

Cohort analysis provides estimates of the number and weight of fish of each age group in the fishery at the beginning of 1993, and also provides the basis for estimating the catch in 1993, provided certain assumptions regarding the numbers of fish recruited, the fishing effort, and the age-specific fishing mortality during 1993 are fulfilled. The recruitments during 1992 and 1993 have been assumed to be above average and the fishing effort and age-specific fishing mortality during 1993 to be equal to that for 1992. It should be noted that the effort during 1991 and 1992 was substantially less than that during 1987-1990 (Figures 60 and 61). The results indicate that the catch during 1993 should be greater than that during 1992 unless the effort declines. If the fishery reverts to catching primarily smaller fish, however, as was the case during 1978-1982 and, to a lesser extent, during 1988, the 1993 catch, with effort at the 1992 level, would be somewhat less. If the recruitment during 1992 and 1993 proves to be average or below average the 1993 catch will be less than expected, of course.

The yield-per-recruit analyses demonstrate that the yield per recruit, at current effort levels, would be about 23 percent greater if the fleet concentrates on larger fish, as during 1889-1992, rather than on smaller fish, as during 1978-1982. The current effort level is about 18 thousand class-6 purse-seine days per year, whereas the effort averaged about 33 thousand days per year during the 1978-1982 period. A reduction from 33 to 18 thousand days during the earlier period would have produced an increase of about 5 percent in the catch and about 93 percent in the catch per day. Therefore, the combination of increased yield per recruit and decreased effort would produce an increase of about 29 percent in the yield per recruit ( $1.05 \times 1.23 = 1.29$ ). The yield-per-recruit estimates for the two different age-specific fishing mortalities patterns are shown in Figure 62.

The effects of two different average levels of recruitment, those for 1989-1992 ("high") and 1967-1992 ("average"), combined with the average age-specific fishing mortality for 1989-1992, are shown in Figure 63. The catch, at the current level of effort, is about 30 percent greater with high recruitment than with average recruitment. The catch with high recruitment and effort at the 1989-1992 level is about 35 percent greater than the catch with average recruitment and effort at the 1978-1982 level.

The combined effects of high recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1989-1992 *versus* average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 are shown in Figure 64. In this instance the catch in the first case exceeds that for the second case by about 60 percent for effort levels between 10 thousand and 35 thousand days. About half of the increase in the estimated catch would come from increased recruitment and about half from increased yield per recruit.

Production models for which the parameters were estimated with the 1968-1983 data indicate that the stock of yellowfin would be reduced to zero by the beginning of 1990, due to the

large catches made during 1985-1989. These models allow for virtually no catch during 1990, 1991, 1992, or 1993. Obviously, these estimates are not representative of conditions in the fishery. As noted above, age-structured analyses demonstrate that major changes in age-specific fishing mortality and recruitment have occurred during recent years, and these have caused the production from the stock to be much greater than expected from the model parameters for 1968-1983. If it is assumed that the data for the most recent years represent current conditions in the fishery, and the parameters of the production model are re-estimated as described previously, the expected catches correspond much more closely to the observed catches (lower panels of Figures 60 and 61). The re-estimated parameters of the model estimate that the equilibrium catch for the EPO for 1993, with the reduced effort level of 1992, should be approximately 300 thousand tons. As the stock size is estimated to be somewhat greater than optimum, the 1993 catch could exceed 300 thousand tons without decreasing the stock size below the optimum. With this reduced level of effort, the CPDF should be about 17 tons.

It is estimated that the recruitment has fluctuated by a factor of about 3, and over the observed range of data for the fishery it does not appear to be related to the stock size (Figure 65). This adds to the difficulties in making short-term forecasts with production models. If the forecasts from this model are to be improved, it is necessary to use information about the recruitment. It would be best to be able to forecast the recruitment a year or two in advance. One of the reasons that the Commission's laboratory at Achotines, Panama, was established was to obtain information which will make it possible to forecast the recruitment of yellowfin, but the necessary information will not be available in the near future. As was reported in the IATTC Annual Report for 1985, fluctuations in recruitment have seemed to be related to major changes in the ocean environment. The estimates of recruitment derived from the cohort analyses and presented in Table 23 show positive anomalies in recruitment in 1970, 1973, and 1977. These increases in recruitment were preceded by El Niño conditions in 1969, 1972, and 1976. On the basis of this relationship, it was not unexpected that there would be an increase in recruitment following the strong 1982-1983 El Niño, and indeed there was. Another El Niño, weaker and less widespread, occurred during 1986-1987. Thus from 1982 through 1987 the waters in the EPO were generally warmer than normal. The recruitment during the 1983-1989 period was the greatest on record for a 7-year period. During 1988 and 1989 strong anti-El Niño conditions prevailed in the EPO, but the recruitment was above average in 1989 and 1990, and probably 1991 and 1992 as well. Accordingly, there is now less evidence supporting the hypothesis that El Niño events are at least partly responsible for above-average recruitments than there was in 1990.

In summary, evaluating the effect of fishing on the abundance and yield of yellowfin in the EPO is difficult. Using the production models alone provides tenuous results, so the staff has combined the results of three different models, cohort, yield-per-recruit, and production, to arrive at what are believed to be the most reasonable conclusions. However, forecasts based on such analyses are subject to a high level of error, so the staff is continuing to explore alternative analytical techniques to arrive at the best estimates possible of the productivity of the yellowfin stock.

The abundance of yellowfin is determined by three factors, recruitment, size composition of the catch, and total catch (which is a function of effort).

With regard to the first factor, at this time it appears that recruitment is determined solely by natural factors, though it is conceivable that in the future it may be shown that very high fishing mortality or some other factor, such as severe pollution, could reduce the recruitment.

Proceeding now to the second factor, it is theoretically possible to alter the size composition of the catch. This latter point has been made on numerous occasions, but no recommenda-

tions have been made for protecting the smaller fish. However, the catches of small fish were relatively low during 1985-1987 and 1989-1992, as was pointed out previously. This change in size composition of the catch was due, at least in part, to lesser demand for small fish, and there is no assurance that this situation will continue. In fact, restrictions on the catching of tunas in association with dolphins could cause a major increase in the catch of small fish (Figure 66). There are several methods which could be used to reduce the catches of small fish. First, the fishing effort could be reduced. Second, a minimum size limit could be set. Third, if small fish are predominant in certain areas during certain seasons fishing in those areas at those times could be restricted. Fourth, assuming that a system of annual closures could be reinstituted, the opening date of the season could be shifted so as to reduce the amount of fishing during some period when small fish are most abundant in the catch.

With regard to the first approach, it has been pointed out that reduced fishing during the 1982-1984 period increased the average size of the fish in the population, which increased its productivity. Further decreases in effort would probably not increase the catch, however, unless the size composition of the stock became severely altered by heavy fishing on smaller fish. It has also been pointed out that reduced effort during 1978-1982 would have increased the catch by about 5 percent.

With regard to the second approach, analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch skipjack and larger yellowfin. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased.

With regard to the third approach, the elimination of tuna fishing in areas where small yellowfin are most abundant would probably increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant.

With regard to the fourth approach, it does not appear as though shifting the opening date of the season would be beneficial. During the earlier years of the period during which annual closures were in effect, when most of the fishing effort took place during the first half of the year, only small catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 1.5 to 4.5 pounds (0.7 to 2.0 kg) during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of vulnerability of the fish of this group to the fishery. During the later years, however, there was heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally thought.

The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulations on the actual catches (not landings) of small fish cannot be predicted.

With regard to the third factor, total catch, the IATTC staff has recommended only catch quotas (Table 25) for regulation of the fishery. The quotas have been for the CYRA, or portions of it. When the quota was filled, or it appeared that it would be filled by vessels which were at sea prior to the closure date, vessels which were subject to the quota were permitted to fish for species other than yellowfin, and to land incidentally-caught yellowfin amounting to up to 15 percent of their total catch of tunas. Accordingly, the harvest of skipjack was not curtailed by the quotas for yellowfin.

The foregoing yield-per-recruit analyses demonstrate that the current effort level is about

20 to 30 percent below the level needed to harvest the AMSY. Also, it shows that the actual catch varies in accordance with the amount of recruitment and the age-specific fishing mortality. If the effort level for 1993 remains about the same as that of 1991-1992 (*i.e.* 18 thousand class-6 days) and the estimates of recruitment for the recent years are nearly correct, then the catch for 1993 should be a little more than 300 thousand tons and the CPDF should be about 17 tons per day. The equilibrium catch with the 1992 age-specific fishing mortality, a recruitment of 103 million fish, and 18 thousand days of effort would be about 310 thousand tons per year. If the effort were increased to about 25 thousand days, the equilibrium catch would increase to about 315 thousand tons. In 1993 the catch would be about 395 thousand tons, and during succeeding years it would gradually decrease to about 315 tons. It should be noted that increasing the effort from 18 thousand to 25 thousand days would increase the equilibrium catch by about 5 thousand tons per year (a 1.6-percent increase), but the CPDF would drop from 17 to 13 tons per day (a 23.5-percent decrease).

The production models provide similar conclusions about the catch and CPDF for 1993, given that the effort level remains about the same level as that of 1991-1992. Estimates of the current stock size from the production models are substantially above the optimum. Since the stock estimate is greater than the optimum, the fishery could harvest more than the AMSY, which would be about 325 thousand tons per year from the EPO, with about 275 to 285 thousand tons of that coming from the CYRA. Care needs to be exercised in using the production model values, however, since the effort level has been near the optimum and almost constant since 1984. (The parameters have been estimated from data for 1984 through 1992.) Under these conditions, the estimates are very imprecise. If the fleet directs a greater portion of its effort toward fish not associated with dolphins in the future, the sustainable catch from the EPO will decline. This decline, which would take several years to manifest itself fully, could reduce the catches to as little as 150 to 200 thousand tons per year. (It should be noted, however, that production models have never been fitted to a series of data from the EPO which does not include fishing for tunas associated with dolphins.)

A recommendation for a quota on the catch of yellowfin would apply only to the CYRA, even though the fish of the CYRA and the portion of the EPO outside the CYRA now appear to belong to a single stock. In the portion of the EPO outside the CYRA the average size of the fish in the catch is near the critical size, and therefore optimum in terms of maximizing the yield per recruit. Accordingly, limits on the catch are not necessary for that area. Specific recommendations for regulations will be presented at the 51st Meeting of the Commission, to be held in June 1993.

### **SKIPJACK**

The world catches of skipjack have exceeded those of any other species of tuna for many years. The proportions of the world catches of the principal market species (skipjack, yellowfin, bigeye, albacore, and northern and southern bluefin) which were skipjack were 43, 47, 45, 45, and 52 percent in 1987, 1988, 1989, 1990 and 1991, respectively. In the Pacific Ocean 46, 52, 48, 49, and 55 percent of the catches in 1987, 1988, 1989, 1990, and 1991, respectively, were skipjack. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 67. It is apparent that the catches in the Pacific are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans and that the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific Ocean (EPO). The catches in the EPO, except for those of the 1975-1981 period, which were greater, have remained at about the same level during the 1961-1992 period, while those of the other areas have greatly increased.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually nearly devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. The fishery for skipjack in the EPO tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years greater portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Fiji, Indonesia, Japan, New Zealand, Papua New Guinea, the Philippines, the Solomon Islands, and many other islands, there are much more substantial fisheries for skipjack.

The total catches of skipjack in the EPO vary considerably from year to year (Figure 67, Table 26), and the locations at which the fish are caught also vary from year to year. During the late 1950s large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950s to the early 1970s large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the early 1970s, however, the center of abundance of the southeastern group seemed to shift to waters off Colombia and Central America, and then during the early 1980s it seemed to shift back to Colombia and Ecuador. In 1992 substantial catches were made off Colombia, Ecuador, and Peru (Figure 5).

The size compositions of skipjack samples taken in the EPO during 1987 through 1992 are shown in Figure 18. Differences among years are apparent; the fish were smaller during 1992 than during any of the other years.

Unlike yellowfin, skipjack are not often caught in schools associated with dolphins. Data on the numbers of logged purse-seine sets of each type, the catches of yellowfin and skipjack in these sets, and the total catches of yellowfin and skipjack are listed in Table 26. It can be seen that the greatest numbers of sets on schools associated with floating objects and on schools of tuna associated only with other fish ("free-swimming schools") were made during the period from the mid-1970s to the early 1980s, and that this was the period of greatest catches of skipjack. There is currently considerable opposition from environmental groups to fishing for tunas associated with dolphins, so if the vessels which have fished in that manner in recent years were to direct their effort to fishing for schools of tuna associated with floating objects and free-swimming schools the catches of skipjack would probably increase.

If the fishery for surface-dwelling tunas were to depend more on skipjack and less on yellowfin in the future, the total catches of all species of tunas would probably fluctuate more from year to year than they had during the 1970s and 1980s. This is because the availability of skipjack in EPO is more variable than that of yellowfin. The catches per unit of effort (CPUEs) of skipjack vary among years by a factor of about seven (IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Tables 9 and 10), whereas those of yellowfin vary among years by a factor of about three (Table 25). The greater variability of skipjack is due to two factors. First, the recruitment of skipjack (IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Table 14) is more variable than that of yellowfin (Table 23). Second, fewer age groups of skipjack than of yellowfin are caught, and the presence of more age groups tends to dampen the year-to-year fluctuations in the catch rates.

### ***Population structure***

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where

the different subpopulations occur and how their distributions vary with time and age. This problem has been studied by various methods, including analyses of catch statistics and of life history, tagging, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the IATTC, the South Pacific Commission (SPC), the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the SPC in 1980, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail in the IATTC Annual Report for 1984. In summary, there were two principal hypotheses for skipjack in the Pacific Ocean. The separate subpopulation hypothesis stated that there are two or more genetically-distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, and the clinal hypothesis stated that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.* the probability of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. It was concluded at the workshop that the available data did not favor either the clinal or the separate subpopulation hypothesis.

A more recent study (Mar. Biol., 79 (3): 315-319) involving analysis of mitochondrial DNA (deoxyribonucleic acid) showed no significant *genetic* differences between Atlantic and Pacific skipjack. It is important to note, however, that these results do not imply rapid mixing of fish of the two oceans, as even very slow mixing is sufficient for maintenance of genetic homogeneity. If there are no genetic differences between Atlantic and Pacific skipjack, it is unlikely that there are genetic differences among skipjack of different parts of the Pacific Ocean.

The IATTC Annual Report for 1984 includes a discussion of the population structure of skipjack in the EPO and their relationship with those in the rest of the Pacific. Tagging has shown that there is little mixing of fish between the northern Mexico and northern South America-Central America areas. The catches of skipjack in the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, however, although in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 68). Examination of all the available data leads to the conclusion that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends of the distribution mix at least to some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

During the late 1970s and early 1980s the IATTC staff conducted research on the chemical composition of vertebrae of tunas, using proton-induced x-ray emission spectroscopy, to estimate the amount of mixing among fish of different areas. The results of this work have been published in IATTC Annual Reports and in the Collective Volume of Scientific Papers, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Vol. 24. The rationale behind this technique is that different ocean areas have different chemical, physical, and biological properties which influence the chemical makeup of the hard parts of the fish. Unfortunately, however, stock structure analysis using this technique is expensive and technically difficult. Also, interpretation of the results is difficult because the processes governing the elemental composition of the hard parts are not well understood.

The IATTC, in cooperation with scientists at the University of Washington, has been involved in a study of an alternative method of detecting natural markers on the otoliths of tunas. The method tested, which employs an energy-dispersive x-ray detector attached to a scanning electron microscope, is non-destructive and hence suited for examination of elemental patterns at different periods of a fish's growth. The technique is inexpensive, and has been applied

to species other than tunas with some success. After conducting some preliminary experiments with yellowfin, a study of skipjack microconstituents was carried out, using otoliths from fish of various sizes collected from off Baja California, Hawaii, and Fiji. Regular patterns of strontium and calcium concentrations were found in fish from all areas. These patterns coincided with specific zones of the otolith associated with early growth (focus), mid-life growth (mid-region), and most recent growth (outer extremity).

Discriminant function analyses of the elemental concentrations in the early-growth zone showed that (1) the fish from Baja California and Hawaii were similar and (2) the fish from Fiji were different from those from Baja California and Hawaii. The results for the fish from Baja California and Hawaii can be interpreted in two ways. These fish may have (1) all originated in the same spawning area or (2) originated in different areas, but the method is not powerful enough to detect whatever differences there are. Increasing the sample size would increase the likelihood of detecting differences between those two areas, if they exist. The overall results are consistent with those obtained from other studies, which have shown similarities between fish from the eastern and central Pacific and differences between these fish and fish from the western Pacific.

The recruitment patterns of skipjack in the EPO and in the vicinity of Hawaii have been investigated, using length-frequency data for fish caught in these areas. Models were developed to examine seasonal variation in recruitment among areas at a standard size. Comparisons were made among fish from Hawaii and the northern and southern EPO (north and south of 10°N) to determine whether they had hatched at the same time. The results indicate that the spawning which contributes to the southern EPO fishery occurs 1 to 2 months earlier than the spawning which contributes to the northern EPO fishery and 5 to 6 months earlier than the spawning which contributes to the Hawaiian fishery. Skipjack are known to spawn over periods of several months, and even throughout the year in some areas, so the patterns observed here suggest at least two hypotheses concerning the population structure of skipjack in the EPO and Hawaii. The separate population hypothesis states that the skipjack in these three areas spawn at different times of the year and do not mix extensively at other times. The panmictic hypothesis states that the skipjack caught in these areas are the result of north-south movement of a single population which spawns over an extended period. The results from studies of movement of tagged fish, genetics, and microconstituents of otoliths favor the latter hypothesis.

#### ***Abundance, availability, and vulnerability to capture***

An examination of the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the EPO has recently been published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6. One study involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the EPO and (1) the average sea-surface temperature in the area of the Pacific Ocean between 135°W and 180° with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), and (2) the wind-mixing index (the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean) in this area.

The first analysis was performed because there is a high positive correlation between the concentration of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or greater survival of the eggs and/or larvae might occur in warmer years. The second was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the U.S. NMFS Southwest Fisheries Science Center in La Jolla indicate that in the California Current concen-

trations of food suitable for first-feeding larval anchovies, *Engraulis mordax*, tend to occur in aggregations and well-defined layers. Mixing disrupts the layering and disperses the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and *vice versa*. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. There was a significant relationship between skipjack abundance and sea-surface temperature, and a highly-significant correlation between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 46 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the EPO in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the EPO and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent were conducted. If skipjack use this current in their migration it would be expected that young fish would be carried to the EPO in greater than average numbers when the current is stronger and in less than average numbers when it is weaker. No significant correlation was found, however, between skipjack abundance and indices of current speed.

On the whole, the results of the IATTC staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions suggest that this relationship is complex and not obvious. Some of the problem might be resolved if biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the EPO fishery, instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the EPO during part of the life span. Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute(s) to the EPO fishery from those which do not.

### ***Stock assessment***

#### ***Age-structured models***

The yield-per-recruit approach to age-structured modelling has been discussed earlier in this report for yellowfin. The skipjack and yellowfin populations in the EPO are somewhat different, however. The natural attrition of yellowfin consists only of natural mortality, whereas that for skipjack consists of both natural mortality and emigration to the central and western Pacific. The combined annual rate of natural mortality and emigration for skipjack is estimated from length-frequency and tagging data to be roughly 75 to 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

Length-frequency and tag return data have been used to estimate the rate of growth of skipjack. As compared to yellowfin, it is much more difficult to follow the progressions of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the EPO. Tagging data are also useful in this respect, although most of the returns are from fish which have been at liberty only short periods of time, and thus are of limited value. Two recently-completed studies (IATTC Bulletin, Vol. 19, Nos. 4 and 6) furnish estimates of the linear growth rates and the parameters of the von Bertalanffy growth equation which are proving useful for studies of age-structured models.

The yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition (natural mortality plus emigration), fishing effort, and size at entry are shown in Figure 69. The IATTC staff's estimates of age-specific fishing mortality for 1986-1987, growth, and natural attrition



have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	24 cm per year	IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6
weight-length relationship	$\log w = 3.336 \log l - 8.250$	IATTC Bulletin, Vol. 4, No. 2

Instantaneous annual rates of natural attrition of 1.5 (about 78 percent) and 2.0 (about 86 percent) were used. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1986-1987. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curved lines. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds or 1.2 kg) the yield per recruit with a multiplier of 1 is about 1.58 pounds (0.72 kg) in the upper panel and about 0.85 pounds (0.39 kg) in the lower panel. In the upper panel sizes at entry of about 40 cm with a multiplier of 1 or about 48 cm with a multiplier of 2 to 3 would produce the maximum yield per recruit. In the lower panel the yields per recruit are greatest with sizes at entry of 30 cm or less. In general, fishing effort considerably greater or ages at entry considerably less than has been the case so far in the EPO would be required to reduce the yield per recruitment. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality and emigration exceed the gains to it by growth, even when the fish are less than 50 cm long and presumably growing rapidly.

### ***Production models***

Production models, based on indices of abundance of the fish, have been described in earlier in this report for yellowfin. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.* there is relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the EPO, and those in other areas where the species in question is exploited, or the exchange rates among subpopulations are known. Neither of these requirements is met, as tagging has demonstrated interchange of fish of the eastern, central, and western Pacific Ocean (Figure 70), but the exchange rates are not known. Most of the skipjack caught in the EPO are taken relatively near the coast, and most of these are apparently the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the EPO, the central Pacific, and the western Pacific. Thus the amounts caught in the EPO may be determined by either the abundance of juveniles hatched in the central and/or western Pacific or the portion of juveniles in that or those areas which migrate to the EPO. In the absence of definition of the population being exploited, production modelling is of little or no value for skipjack in the EPO fishery.

### ***Considerations for 1993***

The yield-per-recruit model does not indicate any need for the management of skipjack. This model, with a natural attrition value of 2.0, indicates that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the EPO can be obtained by fishing the individuals over about 30 cm in length as hard as possible. Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but this seems unlikely from what is known of the spawning behavior and population structure.

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the EPO and that this situation will continue in the foreseeable future. Nevertheless it is important, for at least two reasons, to learn more about this species and its relationships with the environment. First, such knowledge may make it possible to predict the abundance of skipjack in the EPO several months ahead of time, which would be of great value to the fishing industry. Second, knowledge of the environmental conditions favorable to the existence of skipjack, coupled with understanding of the dynamic processes of the ocean, could make it possible to predict where and when skipjack are likely to be caught, which should increase the efficiency of the fishing fleet.

### NORTHERN BLUEFIN

Northern bluefin occur in both the Atlantic and Pacific Oceans. The world and Pacific Ocean catches of northern bluefin are much less than those of skipjack, yellowfin, bigeye, or albacore, but the fishery is still of considerable economic value. The annual catches of northern bluefin in the Pacific Ocean for the 1951-1992 period are shown in Table 27. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern Pacific Ocean (EPO) and the western Pacific Ocean (WPO). In the WPO the catches were well above average during 1978-1983 and about average during 1984-1992, except for 1988 and 1990, when the catches were well below average. In the EPO the catches were below average during 1980-1984, about average during 1985 and 1986, and below average during 1987-1992.

In the EPO nearly all of the catch is made by purse seiners fishing relatively close to shore off California and Baja California. The fishing season typically extends from May to October, although sporadic catches are made in other months. The 1992 catch of about 2,089 tons was the greatest since 1986, but still well below average. During 1992 bluefin were caught only between 30°N and 34°N and only during July-October.

The staff of the IATTC has been studying bluefin on a modest scale since 1958, when 122 tagged bluefin were released near Guadalupe Island, Mexico. Prior to 1979 the work consisted mostly of collection of logbook data and measurement of samples of fish caught by purse seiners in the EPO to estimate their length compositions. Since 1979, however, more has been done. In 1979 a review of information pertinent to stock assessment of this species was prepared (IATTC Internal Report 12). Also, data on the surface catches of bluefin in the EPO by area, date, vessel size class, size of school, type of school, *etc.*, were assembled, analyzed, and published in 1982 in IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 2. A scientist from the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) (now the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF)), Shimizu, Japan, spent the period of September 1988-January 1989 at the IATTC headquarters in La Jolla, where he collaborated with an IATTC staff member in studies of bluefin. Some of the results of these studies were published in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1. A study of the growth and age composition of bluefin in the EPO, as determined from length-frequency data, was essentially completed during 1992. Two workshops on assessment of bluefin tuna have been held recently. The first, held in 1985 in Shimizu, Japan, involved scientists from the NRIFSF and the IATTC. This workshop was concerned only with northern bluefin in the Pacific Ocean. A second workshop, sponsored jointly by the IATTC and the Australian Fisheries Service and involving scientists from all over the world, was held in La Jolla, California, in May 1990. Bluefin stocks of the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans and the Mediterranean Sea were discussed at that workshop. The proceedings of the workshop were published as Special Report 7 of the IATTC.

Length-frequency histograms of the bluefin caught in the EPO during 1987-1992 are shown in Figure 19. Exceptionally large fish, weighing 230 to 1010 pounds (105 to 460 kg) were

caught during October-December of 1988 and 1989. The total weights of the large fish were small, but these fish were of considerable economic value, as immediately after they were caught most of them were flown to Japan, where high prices are paid for fresh bluefin.

Bluefin were tagged in the EPO in 1958 and 1979-1980 by the IATTC and in 1962-1968 by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries (now the U.S. National Marine Fisheries Service), the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation. Tagging of bluefin in the WPO was carried out by IATTC employees who were stationed in Japan intermittently during 1980-1982 and by employees of the FSFRL during 1980-1988. The release and recapture data are summarized in Tables 28 and 29, and the results of the experiments are discussed in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1.

Analysis of the data for the fish released and recaptured in the EPO indicates seasonal north-south movement, with the fish being furthest south during May-June and furthest north during July-October. Ten returns of fish released in the EPO and recaptured in the WPO have been obtained, all from fish which were at liberty more than 22 months.

The fish released and recaptured in the WPO, like those released and recaptured in the EPO, tended to move northward in the spring and summer and southward in the fall and winter. The migrations from the WPO to the EPO are of particular interest. Some year classes, *e.g.* those of 1983 and 1984, produced large numbers of migrants and others did not. The best catches during the 1980s in the EPO were made in 1985 and 1986, and these consisted mostly of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes. (In this report fish in their first year of life are referred to as 0-year-olds, age-0 fish, or fish 0 years of age, fish in their second year of life are referred to as 1-year-olds, age-1 fish, or fish 1 year of age, and so on.)

### ***Life history and relationships between fish of the WPO and the EPO***

The information in this section is presented as background necessary for understanding the section on stock assessment which follows it.

Spawning of bluefin in the Pacific Ocean is known to occur only in the vicinity of Japan. Spawning occurs during the spring and summer, but in this section, for simplicity, it is assumed that the fish are hatched on January 1. Some fish apparently remain their entire lives in the WPO. Others migrate to the EPO, mostly, or perhaps entirely, during their first or second years of life. Those which migrate during their first year are exposed to the summer and fall troll fisheries for small bluefin and other species off Japan before beginning their journey to the EPO in the fall or winter. Those which migrate during their second year are also exposed to the winter troll fishery and other fisheries which take place in the vicinity of Japan before beginning their journey to the EPO in the spring, summer, or fall. The migrants, after crossing the ocean, are fished by purse seiners off California and Baja California. Eventually, they return to the WPO.

The catches of bluefin in the EPO consist mostly of age-1 and age-2 fish. The catches of age-2 fish in the EPO exceed those of age-2 fish in the WPO in most years, whereas the opposite is the case for age-3 fish (Table 15). This probably indicates that the population of age-2 fish is greater in the EPO and that of age-3 fish is greater in the WPO, although it is possible that area- and/or size-related differences in fishing effort and/or vulnerability to capture are responsible for the differences in the catches. Studies of statistical, length-frequency, and tagging data have resulted in the formulation of the following scenarios for the migration of fish between the EPO and the WPO:

1. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year  $i$ , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year  $i + 1$  or as 3-year-olds early in year  $i + 2$ ;

2. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year  $i$ , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 1-year-olds late in year  $i$  or as 2-year-olds early in year  $i + 1$ ;
3. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year  $i + 1$  and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year  $i + 1$  or as 3-year-olds early in year  $i + 2$ ;
4. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds early in year  $i$  and begin their return journey as older fish;
5. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year  $i + 1$  and begin their return journey as older fish;
6. The fish arrive in the EPO at ages greater than 2 and subsequently return to the WPO;
7. The fish do not migrate to the EPO at all.

Scenario 7 probably applies to most of the fish of some year classes. This could at least partly explain the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s. An eighth scenario is a combination of Scenarios 1, 2, 3, 4, or 5 with Scenario 6, *i.e.* the fish make more than one migration from the WPO to the EPO.

The above does not take into account the possibility that some fish may begin trans-Pacific migrations, but turn back before reaching their destination. The fact that bluefin nearly disappear from the EPO during the winter and early spring may indicate that these fish occupy areas outside the range of the surface fishery during this period. Considerably more data for the central Pacific Ocean would be required to establish whether this occurs and, if so, to what extent.

#### ***Stock assessment***

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin in the EPO and WPO in some years, and particular attention is being given to the poor catches in the EPO during 1980-1984 and 1987-1992.

#### ***Possible causes of recent poor catches of bluefin in the eastern Pacific Ocean***

The recent below-average catches of bluefin in the EPO could be due to (1) a decrease in recruitment; (2) a decrease in the overall abundance of fish greater than about 60 cm in length caused by heavy exploitation of fish during their first year of life in the WPO, (3) reduced fishing effort in the EPO, (4) a decrease in vulnerability to capture of the fish which have migrated to the EPO, and/or (5) a decrease in the availability of bluefin in the EPO (*i.e.* a decrease in the proportion of the population which has migrated to the EPO or a shorter average sojourn in the EPO of the fish which have made that migration).

In regard to Points 1 and 2 above, data compiled by the NRIFSF for the age composition of the catch of bluefin during 1966-1986 by Japanese vessels (Table 15) indicate that there has not been a decline in the catches of age-0 fish, which seems to rule out the first possibility, nor an increase in the proportion of age-0 to older fish, which seems to rule out the second possibility.

Proceeding now to Point 3, the numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970s had been responsible for most of the bluefin catches in the EPO, declined during the late 1970s and the 1980s. In the section of this report entitled ***Bluefin studies***, it is concluded that reduced effort is partly, but not entirely, responsible for the reduced catches in the EPO.

In regard to Point 4, the distribution of bluefin in the EPO seems to have changed during this century. Prior to 1930 they were caught only off California, although they probably occurred off Baja California as well. During the 1930-1947 period they were caught off both California and Baja California, but greater catches were made off California in most years. From 1948 to

the present most of the catch has been made off Baja California. Fishermen based in California seem to direct more of their effort toward bluefin than do those based in Mexico, so the shift in distribution appears to have decreased the vulnerability of bluefin to capture. This shift took place well before the 1980s, however, so it does not appear that it is the cause of the poor catches during that decade.

Tagging and age-composition data provide some useful information in regard to Point 5. It can be seen in Table 29 that only the 1981 year class contributed significant numbers of tag returns to the EPO fishery during Year 1. It can also be seen that for Year 2 nearly half the returns for the 1979 year class and more than half of those for the 1983 and 1984 year classes were from fish caught in the EPO. This information suggests that the proportion of age-1 fish which migrated to the EPO was greatest for the 1981 year class and that the proportions of age-2 fish which migrated to the EPO were greatest for the 1983 and 1984 year classes, intermediate for the 1979 year class, and least for the 1980, 1981, 1982, and 1985 year classes.

A large proportion of the catch of bluefin in the EPO in 1982 consisted of age-1 fish. This is consistent with the evidence from tagging (Table 29) that a large proportion of the fish of the 1981 year class appeared in the EPO as age-1 fish in 1982. The catch of northern bluefin in the EPO was poor in 1983, however, perhaps because the fish of the 1981 year class experienced heavy mortalities in the EPO in 1982 or mostly began their return trip to the WPO before the start of the 1983 season.

The greatest catches of northern bluefin in the EPO in recent years were those of 1985 and 1986 (Table 27), and the catches in those years consisted mostly of age-2 fish, *i.e.* 1983-year-class fish in 1985 and 1984-year-class fish in 1986. This is consistent with the evidence from tagging (Table 29) that large proportions of the fish of the 1983 and 1984 year classes appeared in the EPO as age-2 fish in 1985 and 1986.

If it were certain that the fish which were tagged in the WPO were selected randomly it would be concluded that greater proportions of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes migrated to the EPO, and that this resulted in greater catches of northern bluefin in the EPO in 1985 and 1986. It is possible, however, that there are separate non-migrant and migrant subpopulations, and that greater proportions of the migrant subpopulation were selected for tagging during the first year of life of the 1979, 1981, 1983, and 1984 year classes. Thus the relatively high proportion of EPO returns for the 1979 year class, even though the catch in the EPO in 1981 was poor, might be the result of heavy concentration of tagging effort on a relatively small subpopulation of migrants. This possibility has been evaluated by examining data on migrations of tagged age-1 and -2 fish released in different locations in the WPO during different months (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1: Table 7). For the most part, the proportions of migrants tended to be about the same for fish of the same year classes released in different area-time strata, so these data do not offer much support for the subpopulation hypothesis. They indicate that for the age-1 fish the tendency to migrate to the EPO was strong for the 1981 year class and much weaker for all the others, and that for the age-2 fish the tendency to migrate was strongest for the fish of the 1983 and 1984 year classes, intermediate for those of the 1979 year class, and weakest for those of the 1980-1982 and 1985 year classes.

Age composition data (Table 15) provide further information pertinent to Point 5. Correlation coefficients were calculated for 12 pairs of data (Table 30, upper panel) from Table 15. Five of the 12 tests were significant at the 5-percent level. The numbers of age-2 fish in the EPO and WPO are negatively correlated (Test 6), indicating that the poor catches in the EPO could be due at least partly to less-than-normal proportions of the total population migrating from the WPO to the EPO. The catches of age-1 and -2 fish in the EPO are positively correlated

(Test 7), indicating that the catch of age-2 fish in the EPO can be predicted, albeit poorly, from the catch of age-1 fish in the EPO one year previously. The catches of age-0 and -1 fish in the WPO are highly correlated (Test 8), indicating that the catch of age-1 fish in the WPO can be predicted from the catch of age-0 fish in the WPO one year previously.

Test 11 gave an  $r$  value which was significant at the 1-percent level, which is not surprising in view of the fact that an even higher  $r$  value was obtained from Test 8. An  $r$  value which was significant at the 5-percent level was obtained for Test 12; this, also, is not surprising in view of the fact that a nearly-significant value was obtained from Test 2.

The coefficient of correlation for the catches of age-0 fish in the WPO and the catches of age-2 fish in the EPO two years later is 0.442 (Table 30, Test 2). Although this relationship is not significant at the 5-percent level, it may indicate that the catch of age-2 fish in the EPO is related to recruitment two years previously, assuming that the catch of age-0 fish in the WPO is a valid index of recruitment. Since the catch of age-2 fish in the EPO appears to be related to the recruitment two years previously (Test 2) and the catch of age-2 fish in the WPO in the same year (Test 6), a multiple correlation coefficient was calculated (Test 13). The resulting coefficient of multiple determination was highly significant, indicating that 55.6 percent ( $0.746^2 \times 100$ ) of the variation of the catches of age-2 fish in the EPO is explained by (1) a positive relationship to recruitment in the WPO and (2) a negative relationship to the catch of age-2 fish in the WPO. Since the catches of age-2 fish make up the majority of the catch by weight in the EPO in most years, recruitment two years previously and emigration from the WPO appear to have major influences on the total catches in the EPO.

In general, the results of the analysis of the catch-at-age data tend to support the tentative conclusion from the studies of the tagging data that variations in the proportions of fish which migrate from the WPO to the EPO are at least partly responsible for variations in catches in the EPO.

#### ***Yield-per-recruit analyses***

Two yield-per-recruit analyses have been carried out, one using the data in Table 31 and the other using mortality data from cohort analyses.

For the first yield-per-recruit analyses, the following assumptions were made: (1) the fish are hatched on May 16; (2) they are recruited to the fishery on July 1 of the same year at a length of 15 cm; (3) they attain a length of 223 cm on their 15th birthday, at which time they disappear from the fishery. The 223-cm value comes from an estimate of the asymptotic length given in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, Table 5. The annual coefficient of natural mortality was set at 0.2 and 0.3 and the annual coefficients of fishing mortality were set at 1.0 for periods of substantial catches, 0.0 for periods of zero or very low catches, and 0.5 for periods of transition (Table 31). It was assumed that the fish either begin a west-east migration during their first year of life and then begin an east-west migration during their third year of life (Option 1) or begin a west-east migration during their second year of life and then begin an east-west migration during their third year of life (Option 2). Graphs showing the yields per recruit obtainable with different ages at entry into the fishery, and with three multipliers of the vectors of fishing effort, are shown in Figure 71. Because the values of the natural and fishing mortality, especially the latter, are little more than guesses, the results of these analyses should not be taken literally. Nevertheless, it appears that increasing the age at entry into the fishery to about 2 1/2 years (90-100 cm) would more than double the overall yields (*i.e.* the catches in both the WPO and EPO) of fish which migrate to the EPO.

For the second yield-per-recruit analyses, the assumptions were the same as those for the first analyses except that the fish were assumed to disappear from the fishery at the end (December 31) of their eleventh year in the fishery (10 1/2 years after recruitment). Data for the catches during each quarter were necessary for the cohort analyses, so the annual catches of fish caught during 1956 through 1987 were multiplied by the following values to estimate the catches by quarters:

year of hatching, WPO, first and second quarters - 0.0, third quarter - 0.8, fourth quarter - 0.2;

years subsequent to the year of hatching, WPO, first quarter - 0.1, second quarter - 0.3, third quarter - 0.5, fourth quarter - 0.1;

years subsequent to the year of hatching, EPO, first quarter - 0.0, second quarter - 0.1, third quarter - 0.7, fourth quarter - 0.2.

No assumptions were made regarding trans-Pacific migrations, so the results reflect the catches made in the WPO and the EPO (and the unavailability of the fish during their trans-Pacific migrations) during the 1956-1987 period. The fishing mortality rates obtained with the cohort analyses are shown in Table 32. It is noteworthy that these rates are greatest during years 0 and 1. Graphs showing the yields per recruit possible with different ages at entry into the fishery are shown in Figure 72. The results of these analyses are similar to those obtained with the previous analyses, which indicate that the yields per recruit could be more than doubled if the age at entry were increased.

### **Future research**

The above information suggests several types of research which should be carried out.

First of all, all information which is available on the catches of bluefin by area, time period, and size of fish, and on fishing effort expended to catch bluefin, should be assembled for analysis. The emphasis should be on fish in their first 2 to 4 years of life, particularly the *meji* (mixed small tunas, bonitos, mackerels, etc.). A scientist from the NRIFSF has used data on the proportions of larger bluefin, yellowfin, and bigeye caught to estimate the proportions of these species in the *meji* catches of the 1966-1986 period. The estimates obtained from that work are useful, but sampling the *meji* catches for species composition would probably produce better estimates. The *meji* are landed at many ports, but perhaps data gathered at a few major ports at intervals of about one week during the July-September period would produce reasonable estimates of the species composition of the *meji*. Information on the catches of older fish should not be neglected, however. Data on longline catches of bluefin have already proven to be useful in studies of the migration of bluefin (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 5, page 194), as the longline fishery operates in areas where surface fisheries for tunas do not. Catch-per-unit-of-effort data calculated from the information collected might serve as unbiased, or nearly unbiased, indices of abundance of bluefin in the WPO and the EPO. Those concerned with assessment of bluefin in the Pacific Ocean have relied mostly on catch data as indices of abundance, but such indices are unreliable. The information would also be used in studies of the variability in migrations and the effects of oceanographic conditions on migrations described below. A NRIFSF scientist has recently calculated the age structure of the catches of bluefin by Japanese vessels in the Pacific Ocean for the 1966-1986 period, and a paper by an IATTC staff member on the growth and age composition of the catches of bluefin in the EPO during the 1952-1991 period will be published in the near future. These have contributed substantially to assessment of bluefin in the Pacific, but more needs to be done.

Second, research should be carried out to determine where and when the trans-Pacific migrations begin and end, what portions of the population migrate, and why these portions vary from year to year. One approach would involve collection of CPUE data for fish of the various age groups, particularly the younger ones, in as many areas as possible and at frequent intervals throughout the year, to attempt to detect movements of the fish. Data for the WPO would be particularly important, as the highly-variable eastward migrations begin in the WPO. Data for the central Pacific would also be of great importance, as such data might make it possible to determine whether some of the fish which begin trans-Pacific migrations turn back before reaching their original destination. A second approach would involve tagging of fish with standard external tags in the central Pacific Ocean or with archival tags in the WPO and the EPO. Archival tags collect and record data on light, temperature, and pressure continuously, and when the tags are recovered the data can be examined to determine where the fish had been at frequent time intervals between the date of release and the date of recapture. (Unfortunately, archival tags are not commercially available now, but if sufficient numbers were ordered they could be manufactured. The cost would probably be several hundred dollars per tag, which is why none have yet been ordered.) A third approach would involve chemical analysis of the micro-constituents of the otoliths of bluefin. The rationale for this approach is that different ocean areas have different physical, chemical, and biological properties which influence the chemical makeup of the otoliths. Accordingly, analysis of the otoliths of an individual fish could reveal which ocean areas it had inhabited at various stages of its life, and analyses of the otoliths of samples of fish collected each year in the WPO and the EPO could give far more information on trans-Pacific migration than can data obtained by tagging with conventional tags.

Third, attempts should be made to determine what oceanographic conditions influence the migration of fish from the WPO to the EPO and from the EPO to the WPO. Also, if the studies described above indicate that some of the fish turn back after beginning a trans-Pacific migration, attempts should be made to determine what oceanographic conditions might cause this behavior. Such studies would presumably be conducted jointly by Japanese and IATTC oceanographers and biologists. The first step in such a study would be collection of CPUE data for fish of the various age groups, particularly the younger ones, in as many areas as possible and at frequent intervals throughout the year. The next step would be to compare oceanographic data and data on the movements of the fish to see which are correlated. Finally, attempts would be made to determine which oceanographic conditions actually influence the migrations of the fish.

Finally, further studies of the population structure of bluefin are also appropriate. The tentative conclusion that there is a single major population from which different proportions migrate to the EPO in different years (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, page 18) needs further investigation. Also, it would be of great interest to know if the bluefin hatched in the Sea of Japan are genetically distinct from those which are hatched south of Japan. Further knowledge of the population structure might be obtained from biochemical genetic studies.

## **BIGEYE**

Data on the catches of bigeye in the Pacific Ocean are given in Table 33. The combined surface and subsurface catches of this species in the eastern Pacific Ocean (EPO) during recent years have been about the same as those of skipjack, but substantially less than those of yellowfin (Table 1). Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950s there was little longline fishing in the EPO, and hence the catches of bigeye in that area were low. During the mid-1950s, however, Japanese longline vessels began to fish in the EPO, and the catches of bigeye increased. Accordingly, this species has been given more attention by the IATTC staff.



During the 1963-1991 period five Japanese scientists from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; formerly the Far Seas Fisheries Research Laboratory) have spent time in La Jolla working with IATTC scientists on the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the EPO.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the EPO increased during the late 1960s and the 1970s, and then declined after 1981 (Table 33). The increases were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there were regulations for yellowfin, but not for bigeye, during the 1966-1979 period, which in some instances caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin. Concurrently with this, the fishermen's skill in catching bigeye probably increased. Second, the statistics collected after the mid-1960s are more accurate. Bigeye and yellowfin caught by the surface fishery bring the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species have more often been reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by IATTC employees, who estimate the proportions of the two species in mixed landings. A recent study (IATTC Annual Report for 1991, pages 34-35) indicates that bigeye were not misidentified as yellowfin during the 1987-1989 period.

The IATTC staff's studies of surface-caught bigeye have consisted principally of recording and processing catch and effort data from information on weights of fish unloaded and logbook records, collection of length-frequency data from fish unloaded at canneries, and analysis of these data. In addition, during the 1959-1978 period 611 surface-caught bigeye were tagged, and 15 of these have been recaptured.

The quarterly distributions of the surface catches of bigeye in the EPO, averaged over the 1981-1987 period, are shown in Figure 73. This information was obtained from logbook data collected by the IATTC staff. The greatest catches were made off northern South America and off-shore west of South and Central America. Bigeye were caught off Baja California and California during the third quarter.

Length-frequency data for bigeye caught by purse seiners in the EPO during 1987-1992 and measured by IATTC staff members are shown in Figure 20. About half the catch by weight is made up of fish less than 100 cm in length.

An analysis of the surface fishery for bigeye in the EPO has recently been completed by scientists from the NRIFSF and the IATTC. It was shown that there is considerable overlap in the lengths of bigeye taken by the surface and longline fisheries. About 66 percent of the catch of bigeye is taken in unassociated schools, 27 percent in schools associated with floating objects, and the rest in schools associated with whales, sharks, and dolphins. During the 1971-1991 period the average catch per successful set of bigeye was 24 tons (22 and 28 tons for unassociated schools and floating-object schools, respectively). The percentages of bigeye caught which were in pure schools (not mixed with other species of commercially-important fish) were as follows: unassociated schools, 75; floating-object schools, 29.

The distributions of the catches per unit of effort (CPUEs; numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye by Japanese longliners in the EPO, averaged over the 1981-1987 period, are shown in Figure 74. The CPUEs of bigeye were high in most of the EPO except the area north of 5°N and east of 125°W. The greatest CPUEs were recorded (1) between Ecuador and 120°W and 10°S and 5°N throughout the year, (2) northeast of Hawaii between 20°N and 33°N and 122°W and 140°W during the first and fourth quarters, and (3) off southern Peru and northern Chile between 18°S and 25°S and 80°W and 90°W during the third and fourth quarters.

In the north equatorial region, between the equator and 8°N, where there was heavy fishing effort, the CPUEs were relatively low during the second half of the year, especially in the

western part of this region. In the south equatorial region, between the equator and 15°S, however, the CPUEs were relatively high in the western part of the region throughout the year.

The distribution of effort did not coincide well with the areas of greatest CPUEs of bigeye, even though bigeye was the most important species of fish caught by Japanese longliners. For example, heavy concentrations of effort are apparent in equatorial waters (8°N to 15°S and west of 110°W), but the CPUEs of bigeye in this area were not particularly high. Furthermore, although the CPUEs for bigeye were fairly high northeast of Hawaii and off southern Peru and northern Chile, not much effort was exerted in these areas. This may be because in the equatorial region bigeye could be caught throughout the year and the fish tended to be large, whereas in the higher latitudes the occurrence of bigeye was more seasonal and the fish tended to be smaller.

A study utilizing general linear models to standardize the CPUEs of bigeye in the EPO (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 4) was completed during 1992. The effects of years, seasons, areas, and depths of fishing were considered, and all were found to have significant effects on the CPUEs.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the area delineated in Figure 75 during 1981-1987 are shown in Figure 76. Most of the fish in the catch ranged from about 90 to 170 cm in length. The length compositions varied considerably from year to year. The proportions of smaller fish were greatest during 1982 and 1986, and those of larger fish were greatest during 1983 and 1984.

In general, there are two approaches to the analysis of the effects of fishing on a population of fish, age-structured modelling and production modelling. These models are described in detail in the section of this report dealing with yellowfin.

### ***Stock assessment***

#### ***Age-structured models***

The yield-per-recruit model, a type of age-structured model, gives information on the yield per recruit to be expected with different combinations of size at entry and fishing effort. The input consists of length-at-age or weight-at-age data and natural mortality data. Both of these, especially natural mortality, are difficult to estimate. Nevertheless, the yields per recruit of bigeye at various combinations of length at entry and fishing effort ( $F$ ) were calculated. The length-at-age data were obtained from an equation for the growth of bigeye which appears in IATTC Bulletin, Volume 11, Number 2. Trial values of the coefficient of natural mortality ( $M$ ) of 0.4 and 0.6, on an annual basis, were used. The value of 0.4 is approximately equal to the estimate of 0.361 given in Report of the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 25, pages 91-103. The value of 0.6 is somewhat greater than an estimate of 0.477 derived by the method given in Journal du Conseil, Vol. 39, No. 2, pages 175-192. The results with lengths at entry of 40 cm (4 pounds or 2 kg), 60 cm (12 pounds or 5 kg), 90 cm (38 pounds or 17 kg), 120 cm (87 pounds or 40 kg), and 150 cm (167 pounds or 76 kg) and annual values of  $F$  of 0.0 to 1.6, are shown in Figure 77. In both cases the yields per recruit were least with a length at entry of 150 cm, so the discussion will be confined to the other four values, 40, 60, 90, and 120 cm. It appears from Figures 20 and 76 that most of the purse seine- and longline-caught bigeye are recruited at about 60 to 90 and 90 to 120 cm, respectively. In 1980 and 1982-1984, however, substantial amounts of bigeye between 40 and 60 cm were caught in the purse-seine fishery. At an  $M$  value of 0.4 the yields per recruit are roughly the same for all lengths at entry at  $F$  values up to 0.4. At  $F$  values of 0.6 and greater the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm, and at  $F$

values of 0.8 and greater they are less for lengths at entry of 40 and 60 cm. At an  $M$  value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of  $F$  for lengths at entry of 60, 90 and 120 cm. They are also about the same for a length at entry of 40 cm for  $F$  values up to 0.6, but at greater  $F$  values the yields per recruit are less. In general, the greatest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (90 and 120 cm). This implies that the average length at entry for the surface fishery is less than that which would maximize the yield per recruit and that that for the longline fishery is greater than that length. It is stressed, however, that these estimates are based upon inadequate data, so their reliability is low.

### ***Production models***

Production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the EPO only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. The movements of bigeye tagged in the Pacific Ocean by various organizations which were at liberty for long periods of time are shown in Table 34. The distances travelled were less than many which have been recorded for the other principal market species of tuna, but not much importance should be attached to this, in view of the small number of returns.

Data on the effort, catch, and CPUE for 1954-1987 for the portion of the EPO delineated in Figure 75 are shown in Figure 78. This area was selected because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During 1954-1960 the effort and catches were low and the CPUE was high. During 1961 through 1964 the effort and catches were much greater than during 1954-1960. The CPUE was slightly less than 3 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1964 through 1985 the effort ranged between about 50 and 130 million hooks and the catch between about 0.4 and 1.3 million fish, but the CPUEs remained nearly constant, at about 1 fish per 100 hooks. The effort increased to about 145 million hooks in 1986 and 170 million hooks in 1987, while the CPUEs remained at about 1 fish per hundred hooks. It is normal for the CPUE to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing (from the standpoint of reducing the average maximum sustainable yield (AMSY), as discussed in the section of this report dealing with stock assessment of yellowfin). Decline of the CPUE to less than half what it was when the effort was low, however, could be indicative of reduction of the population to a level less than that necessary to produce the AMSY. It may be significant, however, that the catches more than tripled during the 1965-1987 period, while the CPUEs remained about the same. One possible explanation for this is that individuals which were especially vulnerable to longline gear were selectively removed from the population during the early years of the fishery, reducing the CPUEs more than the abundance of the fish. Another possibility is that, because of the high price of bigeye, the fishermen directed their effort more toward that species during the later years. For example, changes in the areal and temporal distribution of fishing effort, coupled with the adoption of deep longline gear during the late 1970s, may have kept the CPUE of bigeye at the same level while its abundance decreased. A third possibility is that the recruitment of bigeye has increased, permitting the CPUEs to remain the same while the catches were increasing. Uncertainty regarding the interpretation of the data also results from the uncertainty concerning the amount of interchange of fish between the area in question and contiguous areas.

## BLACK SKIPJACK

Black skipjack, although they constitute only a minor part of the total landings of tunas caught in the eastern Pacific Ocean, are of considerable commercial importance in a number of Latin American countries. Furthermore, they represent a resource of significant magnitude, which will be more heavily exploited as the demand for tuna increases. Accordingly, it is prudent to learn as much as possible about this species.

The present knowledge of black skipjack comes mainly from vessel logbook data, data on the weights of fish unloaded at canneries, stomachs, gonads, and measurements of fish taken at canneries, physiological data gathered on one tagging cruise, gonads collected for histological studies on tagging cruises, surveys of fish larvae directed primarily at other species, recapture data for black skipjack tagged incidentally to yellowfin and skipjack, and current studies at the IATTC's Achotines Laboratory.

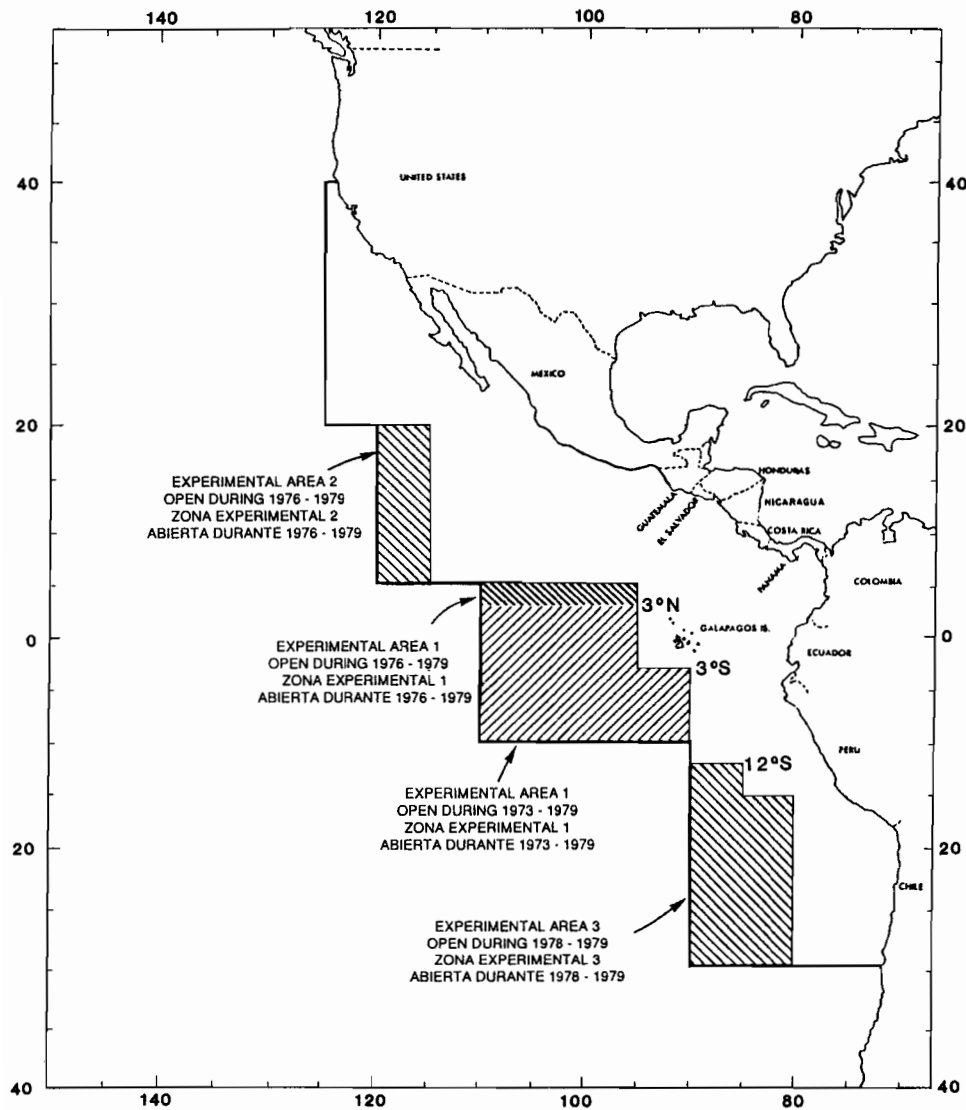
Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1961-1992 are listed in Table 1. These data include only the fish which are landed. Additional amounts are known to have been caught but not landed, and these are not included in the statistics. Estimates of amounts of black skipjack discarded at sea by purse-seine vessels during the 1986-1992 period range from about 4 to 11 thousand tons per year. Black skipjack are also caught by small boats based in Latin America, for which data are not obtained. Therefore the actual catches are greater than those recorded in the table. The areas of the 1980-1983 catches by vessels from which logbook data were obtained are shown in Figure 79.

An analysis of the weight-length relationships of black skipjack is given in IATTC Internal Report 17. Some observations on the swimming performance, body temperatures, and gastric evacuation times of black skipjack were made on a tagging cruise conducted in 1981, and an analysis of the results was published in an outside journal in 1984. A total of 1,502 black skipjack have been tagged, and 107 of these have been recaptured. Information on the movements and growth of black skipjack, as determined from these data, are given in the IATTC Annual Report for 1982, pages 33-34.

Information on the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency of black skipjack was recently published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 2. The measurement of reproductive potential is of primary importance with respect to the dynamics of fish populations, since it is a basic determinant of productivity. Furthermore, since the amount of fish of catchable size available to the fishery is largely dependent on the success of spawning and survival during the earliest stages of life, studies of this nature can yield information of potential value for predictive purposes. In addition, large numbers of larval and juvenile black skipjack, along with those of other species of scombrids (tunas and mackerels), have been collected, particularly off Central America and near the entrance to the Gulf of California.

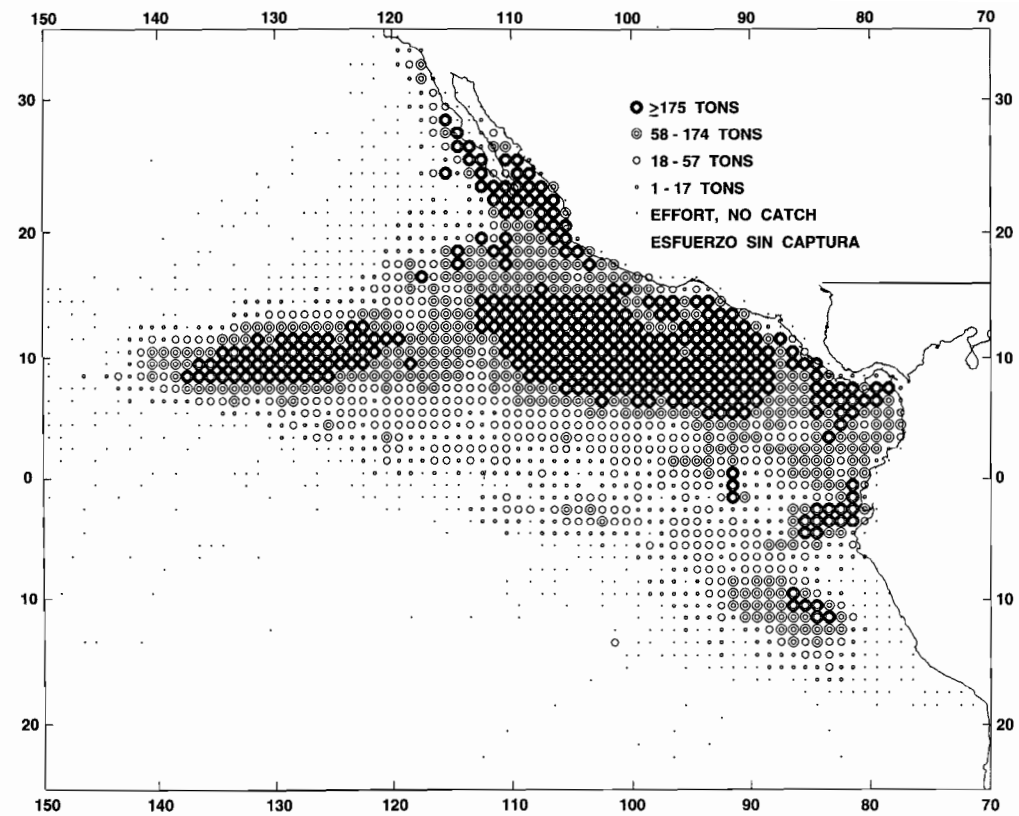
The data on occurrence of larvae and juveniles, tagging data, and logbook data provide indices of abundance of black skipjack relative to the other species of scombrids. It appears, on the basis of this information, that the potential annual production of this species is far greater than the present levels of landings.

A considerable amount of work on black skipjack is currently being conducted at the IATTC laboratories at Achotines Bay, Panama, and La Jolla. These studies are summarized in the section of this report entitled *Early life history studies* and in previous Annual Reports of the IATTC.



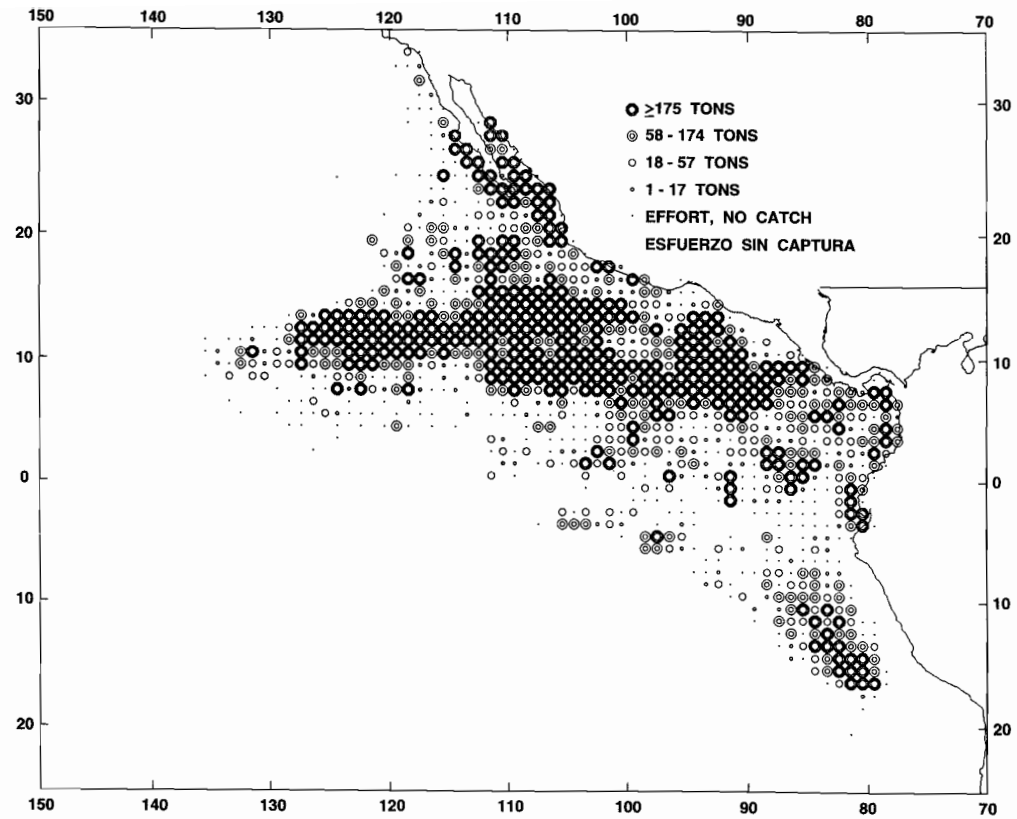
**FIGURE 1.** The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

**FIGURA 1.** Area Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA).



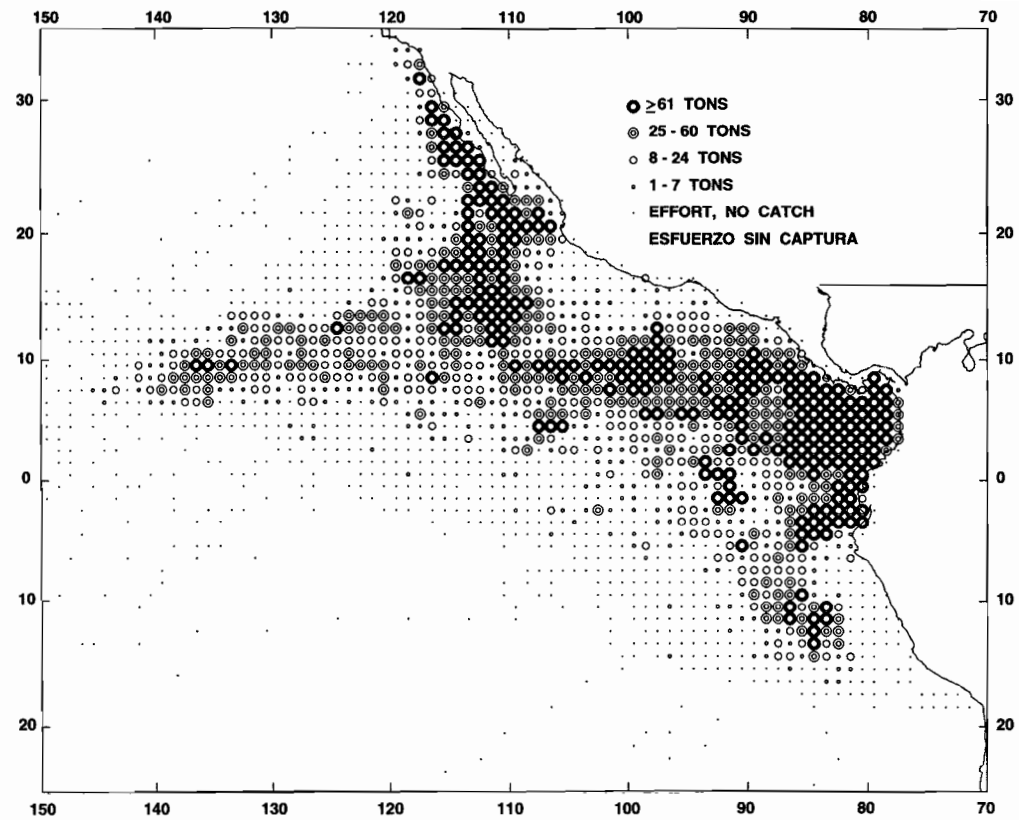
**FIGURE 2.** Average annual catches of yellowfin in the EPO during 1979-1991 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 2.** Capturas medias anuales de aleta amarilla en el OPO durante 1979-1991 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 3.** Catches of yellowfin in the EPO in 1992 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

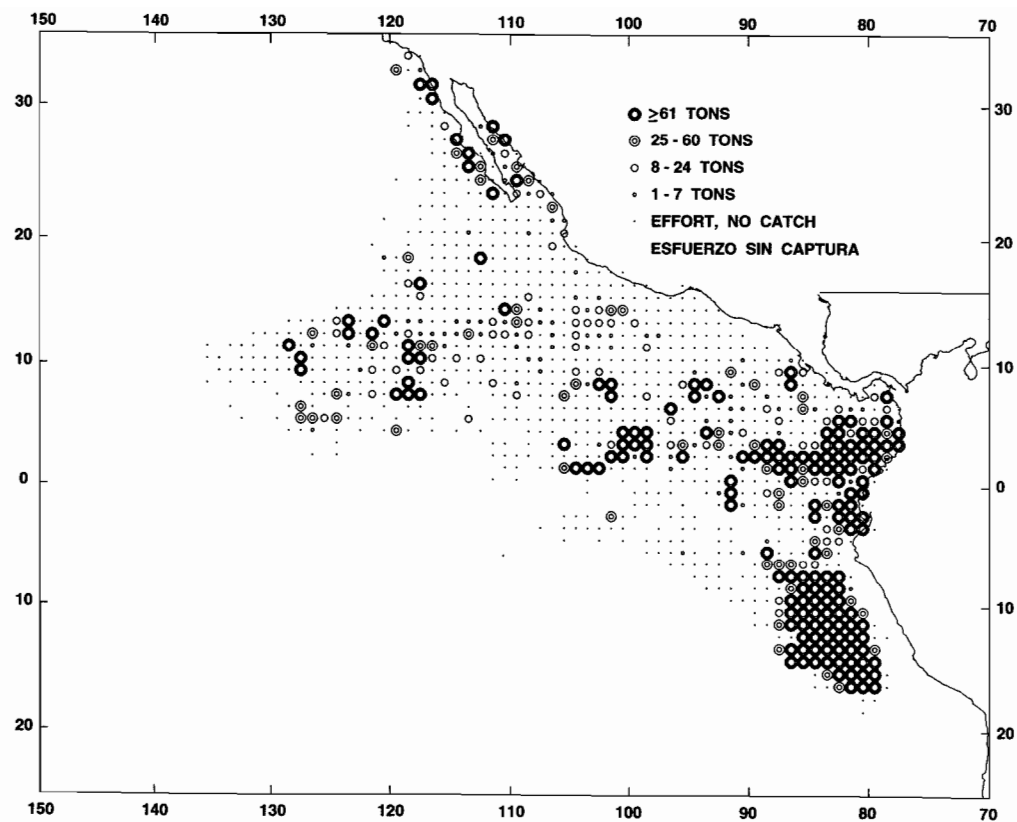
**FIGURA 3.** Capturas de aleta amarilla en el OPO en 1992 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 4.** Average annual catches of skipjack in the EPO during 1979-1991 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

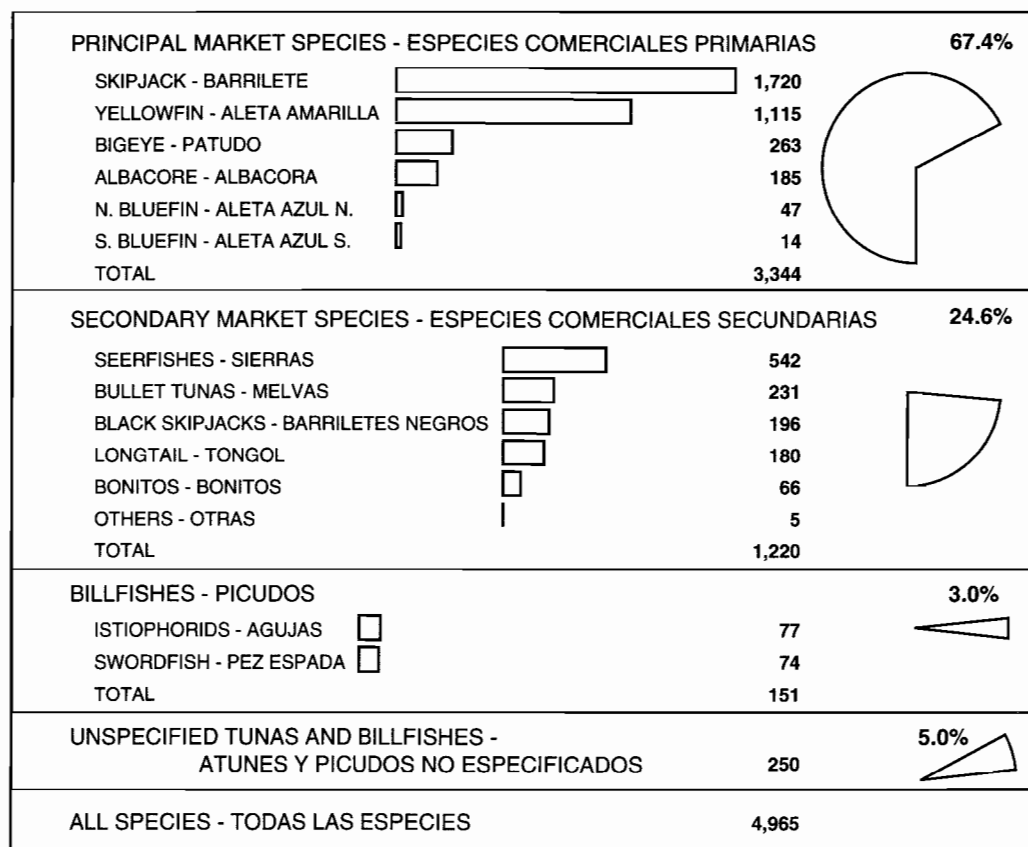
**FIGURA 4.** Capturas medias anuales de barrilete en el OPO durante 1979-1991 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.





**FIGURE 5.** Catches of skipjack in the EPO in 1992 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 5.** Capturas de barrilete en el OPO en 1992 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 6.** World catches of tunas and tuna-like species in 1991, in thousands of short tons.

**FIGURA 6.** Capturas mundiales de atunes y especies afines en 1991, en miles de toneladas cortas.

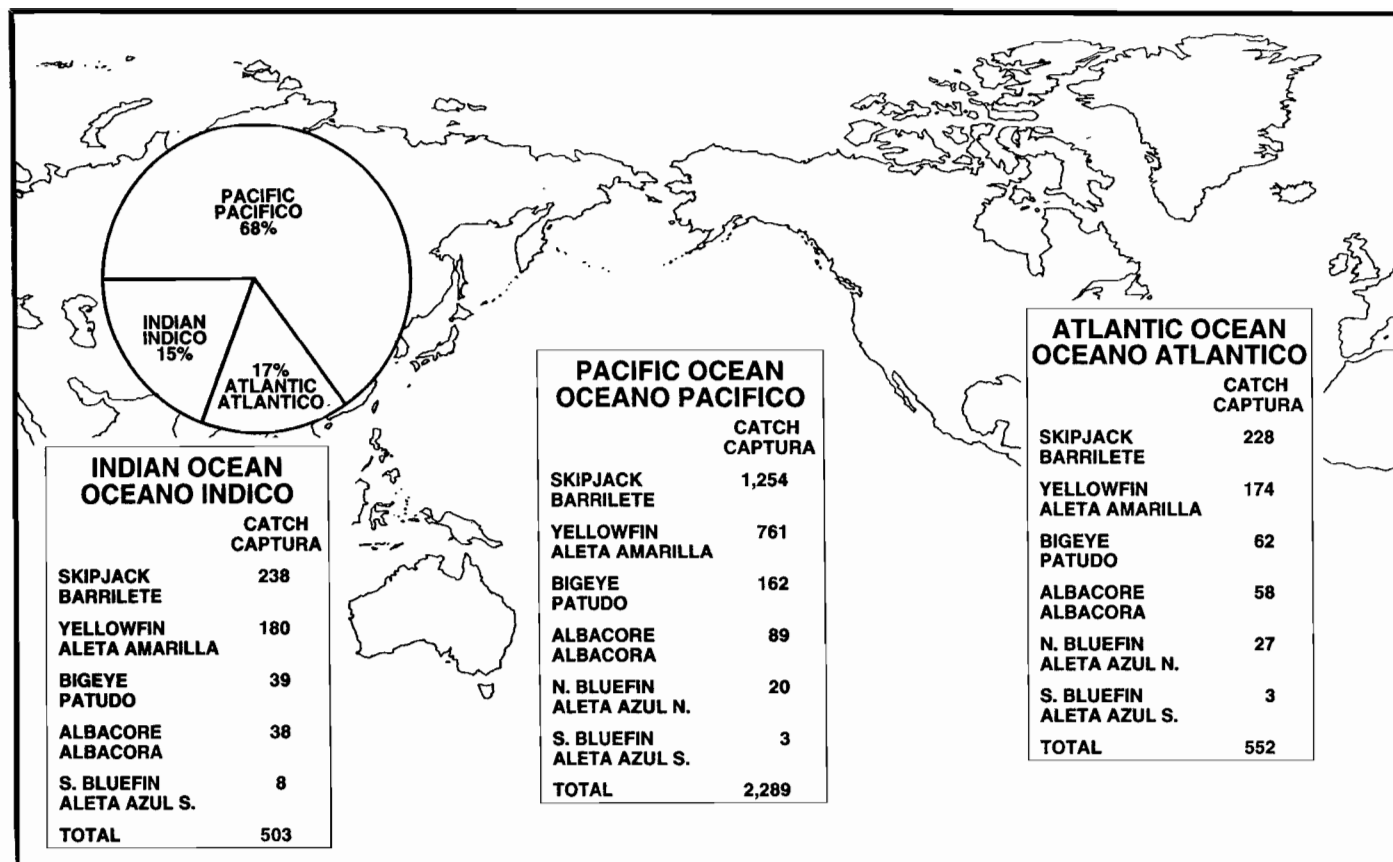
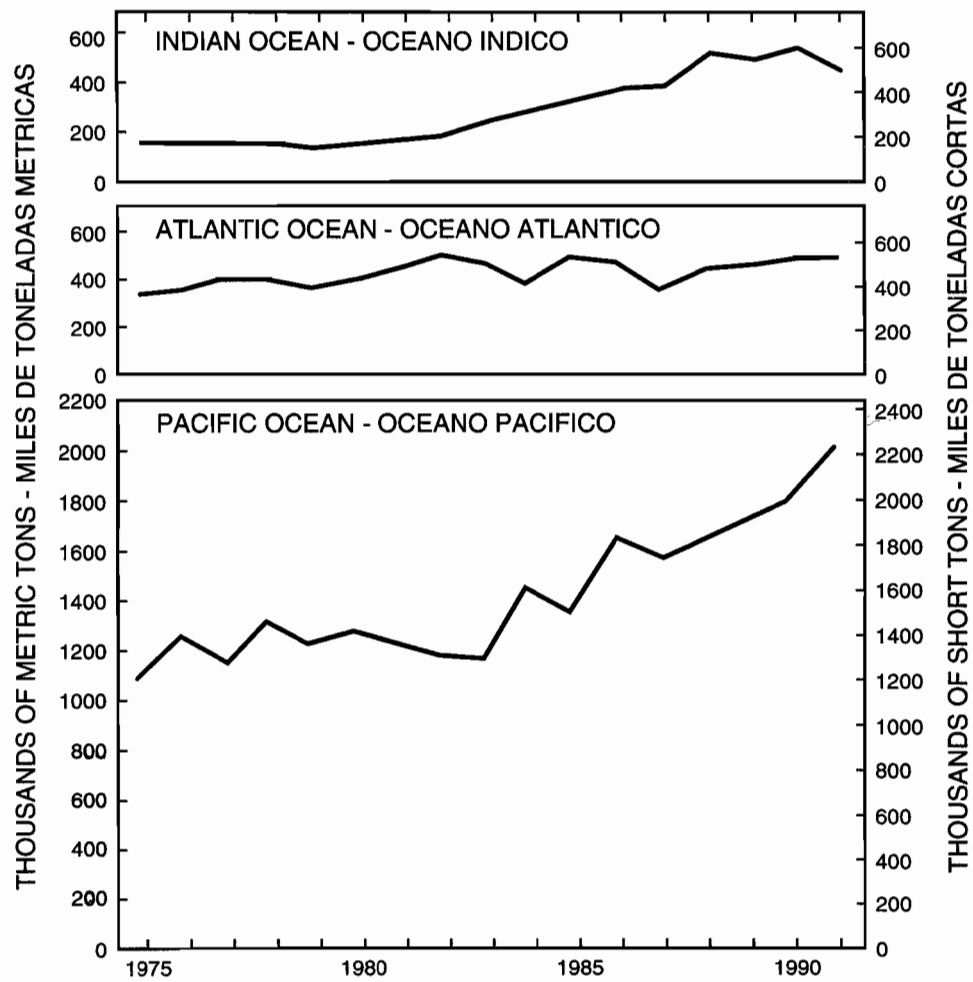


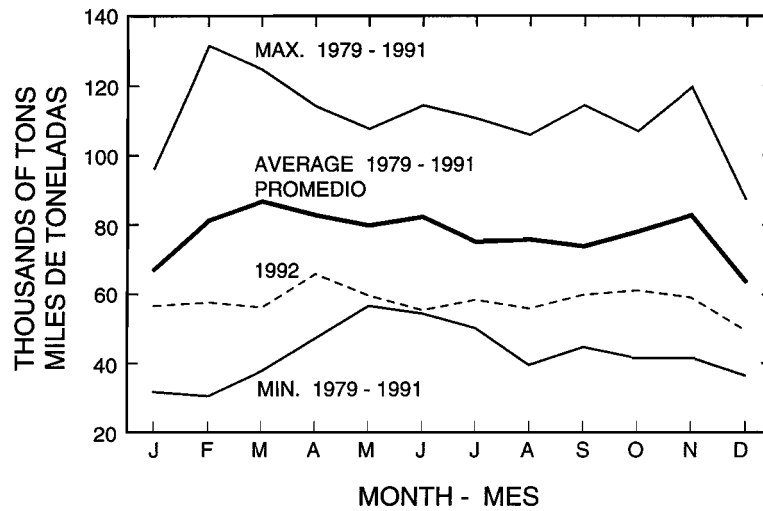
FIGURE 7. Catches of the principal market species of tunas in 1991, in thousands of short tons.

FIGURA 7. Capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1991, en miles de toneladas cortas.



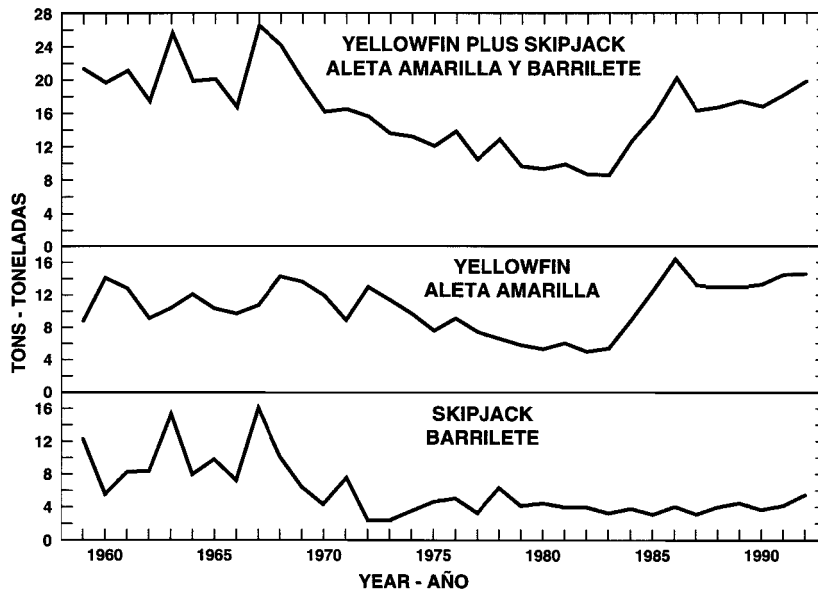
**FIGURE 8.** Catches of the principal market species of tunas.

**FIGURA 8.** Capturas de las principales especies comerciales de atunes.



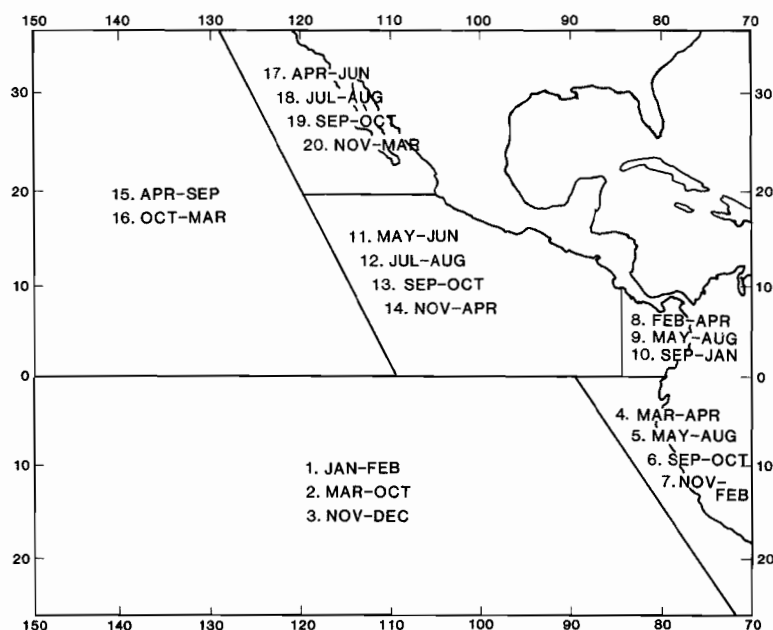
**FIGURE 9.** Average, minimum, and maximum values for monthly capacity at sea in the EPO during 1979-1991, and the 1992 monthly values.

**FIGURA 9.** Valores mensuales medios, mínimos, y máximos de la capacidad en el mar en el OPO durante 1979-1991, y los valores mensuales de 1992.



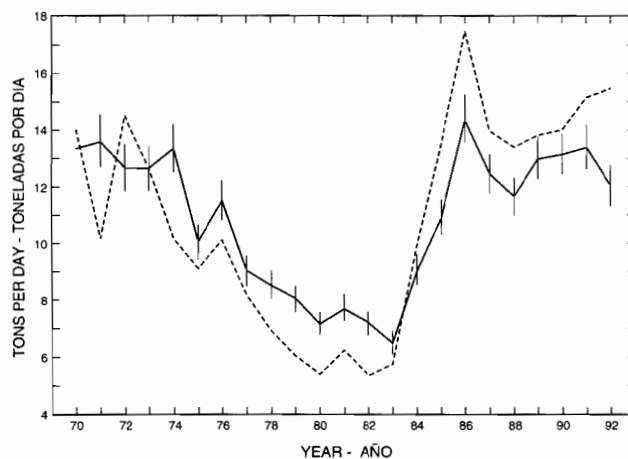
**FIGURE 10.** Catch per day's fishing for yellowfin and skipjack in the eastern Pacific Ocean, in Class-6 purse-seine units. The 1992 data are preliminary.

**FIGURA 10.** Captura por día de pesca de aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico oriental, en unidades cerqueras de la Clase 6. Los datos de 1992 son preliminares.



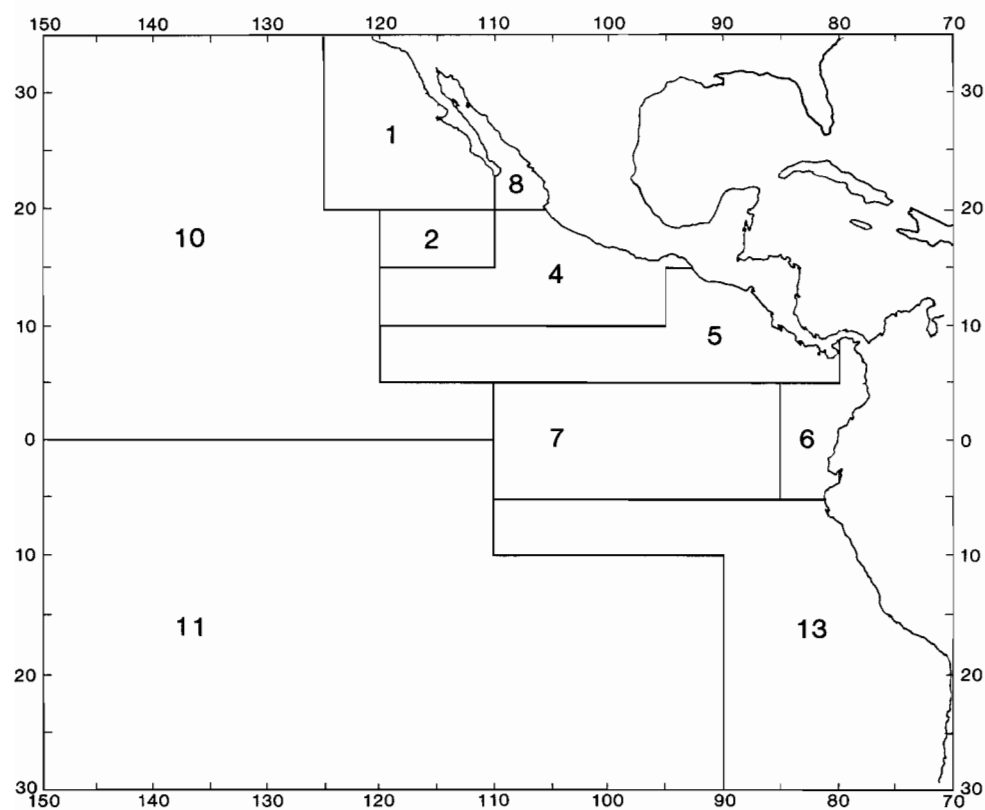
**FIGURE 11.** Season-area strata used to standardize the catch rates of all sizes of yellowfin combined.

**FIGURA 11.** Estratos de temporada-área usados para estandarizar las tasas de captura de aleta amarilla de todas tallas combinadas.



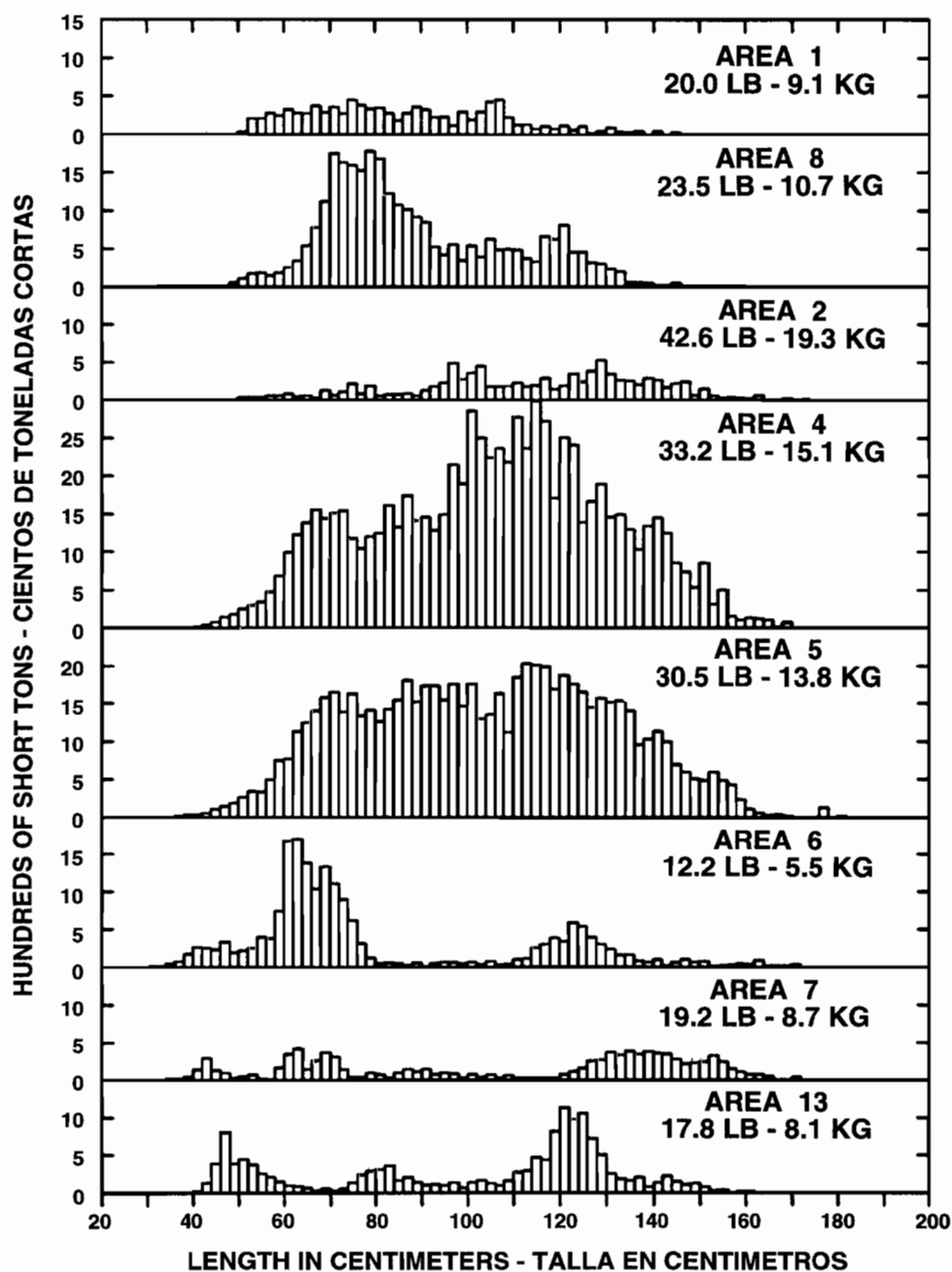
**FIGURE 12.** Comparison of annual indices of yellowfin abundance. The solid line is the index from the generalized linear model, with the 23-year mean set equal to the 23-year mean CPDF, and the vertical bars are the approximate 95-percent confidence limits. The dashed line is the index most commonly used, CPDF for vessels of greater than 400 tons carrying capacity. The data for 1992 are incomplete.

**FIGURA 12.** Comparación de los índices anuales de abundancia del aleta amarilla. La línea continua representa el índice del modelo lineal generalizado, con el promedio de 23 años fijado igual a la CPDP media de 23 años, y las barras verticales los límites de confianza de 95% aproximados. La línea de trazos representa el índice de uso más frecuente, CPDP de barcos de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. Los datos de 1992 son incompletos.



**FIGURE 13.** Areas used for sampling lengths of tunas in the eastern Pacific Ocean.

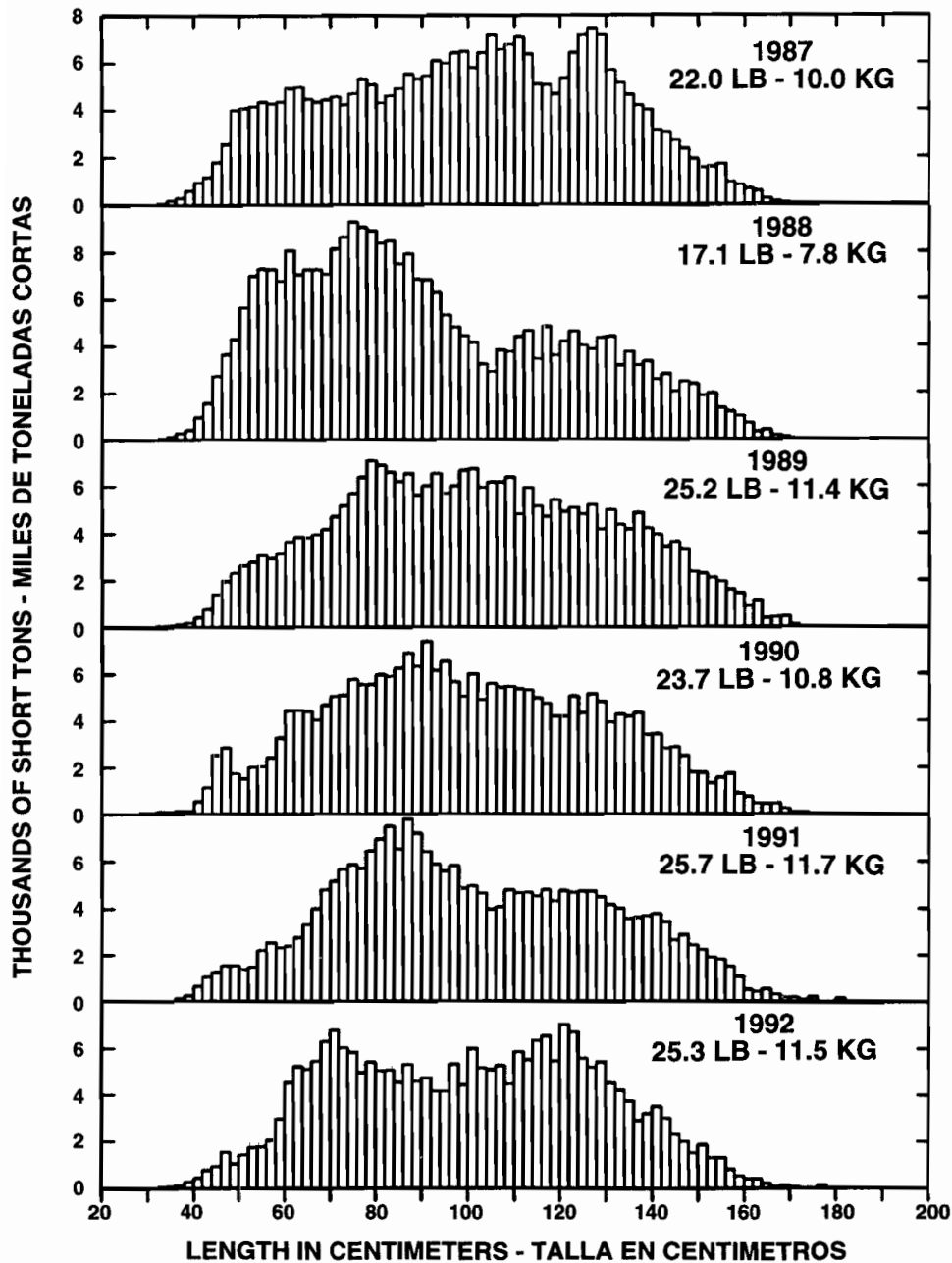
**FIGURA 13.** Areas usadas para el muestreo de tallas de atunes en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 14.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the market-measurement areas of the CYRA in 1992. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

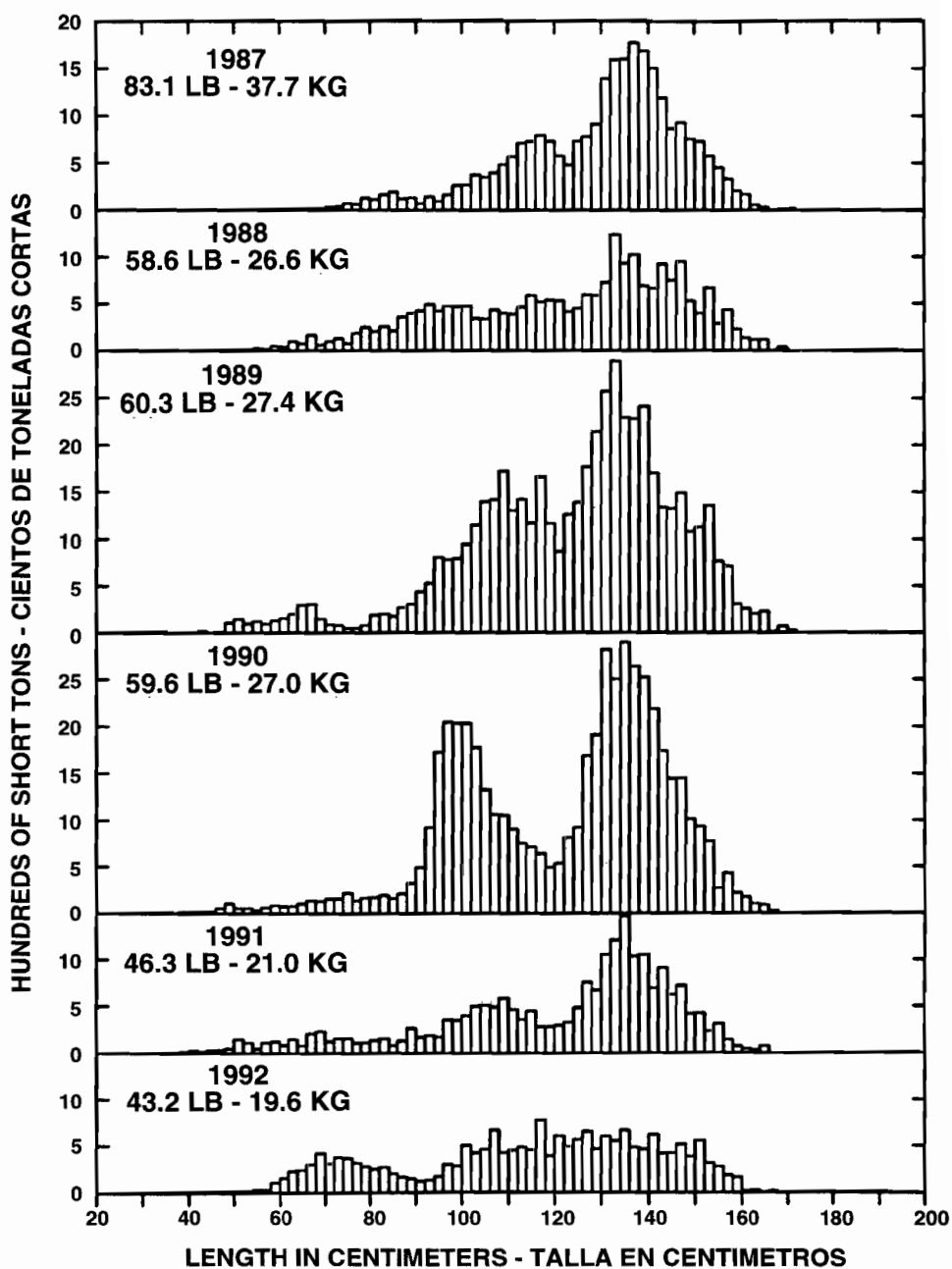
**FIGURA 14.** Captura estimada de aleta amarilla por artes de superficie en las zonas de medición del ARCAA en 1992. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.





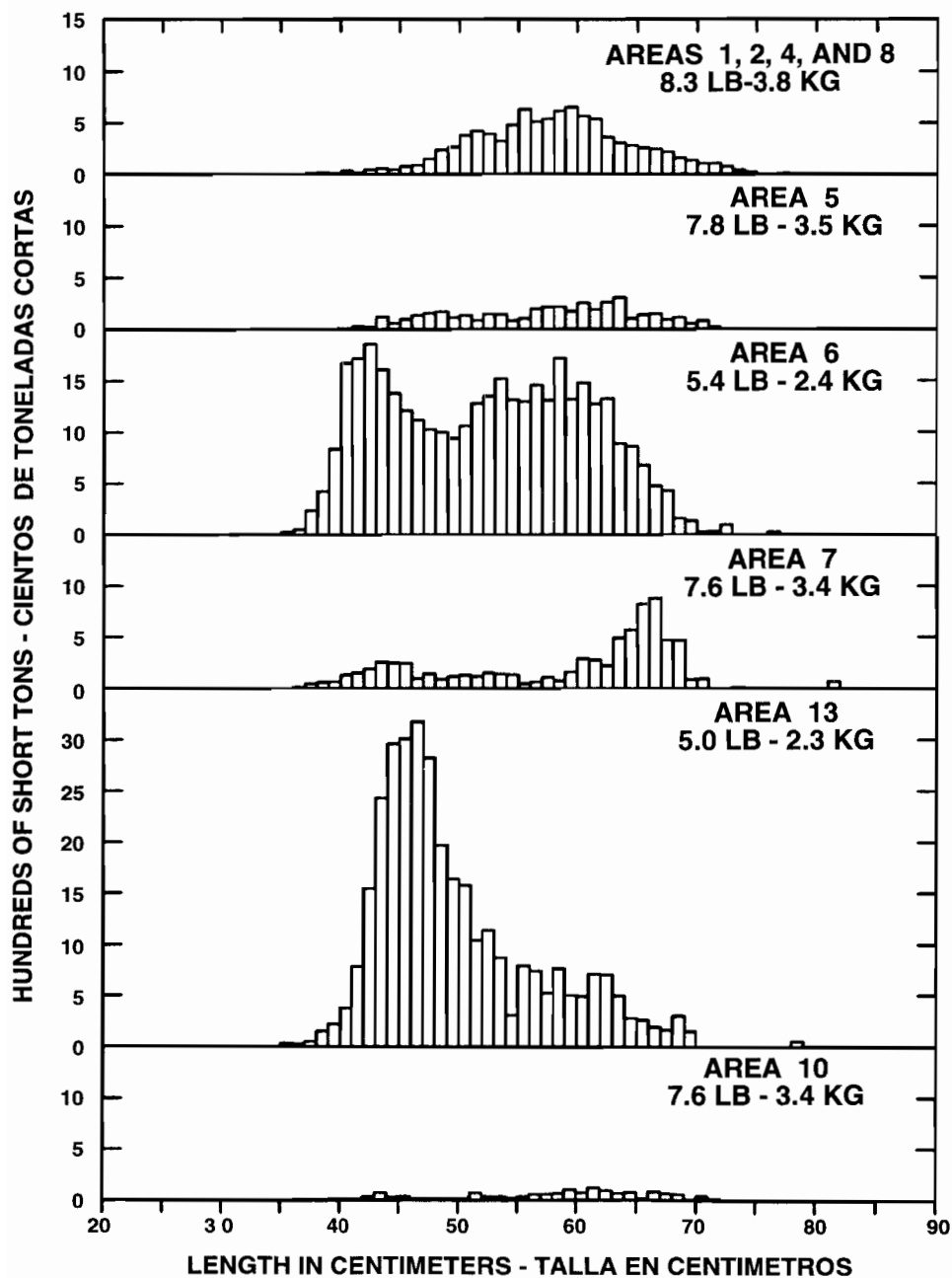
**FIGURE 15.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 15.** Captura estimada de aleta amarilla en el ARCAA por artes de superficie. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



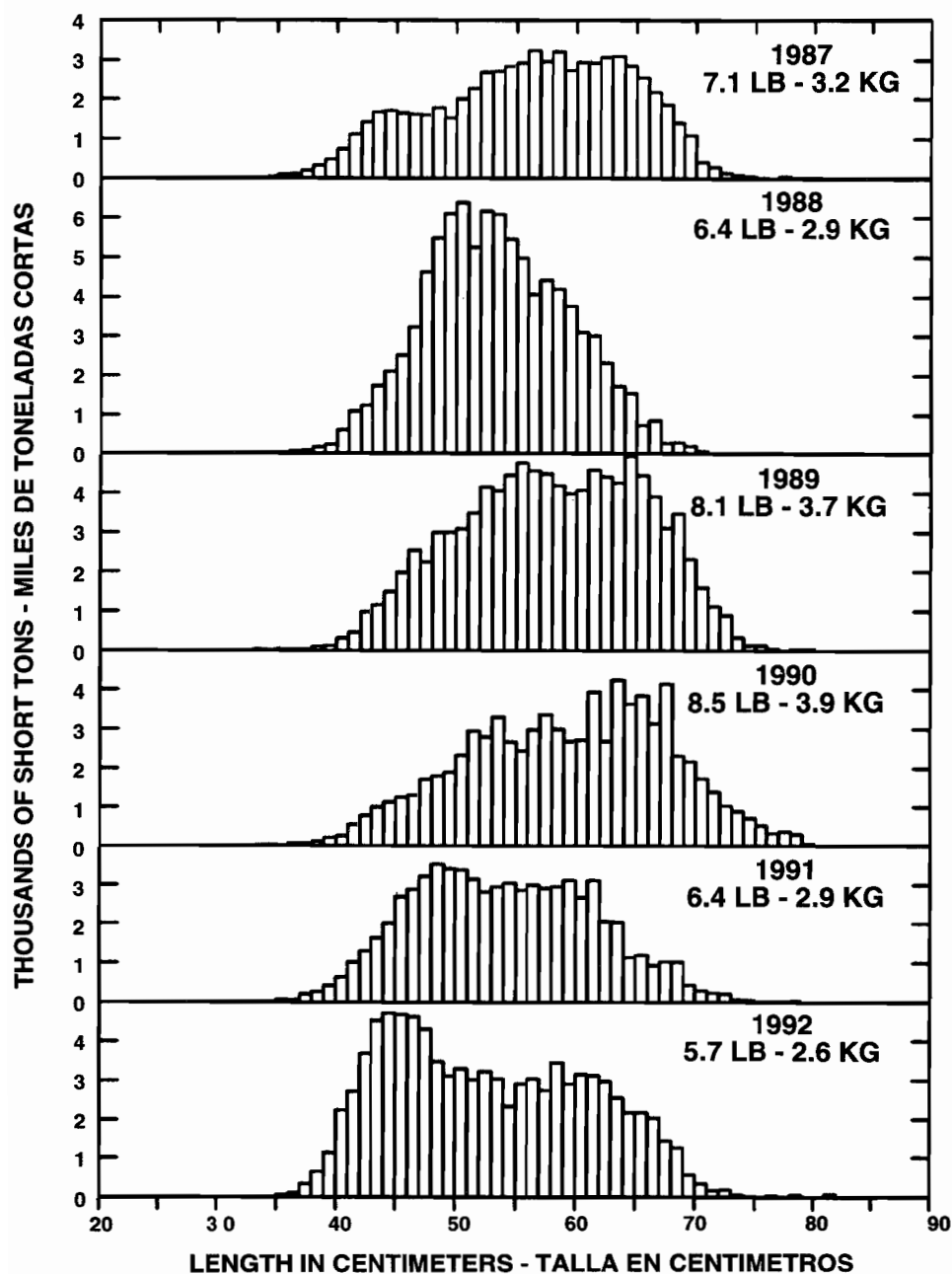
**FIGURE 16.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

**FIGURA 16.** Captura estimada de aleta amarilla por artes de superficie en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.



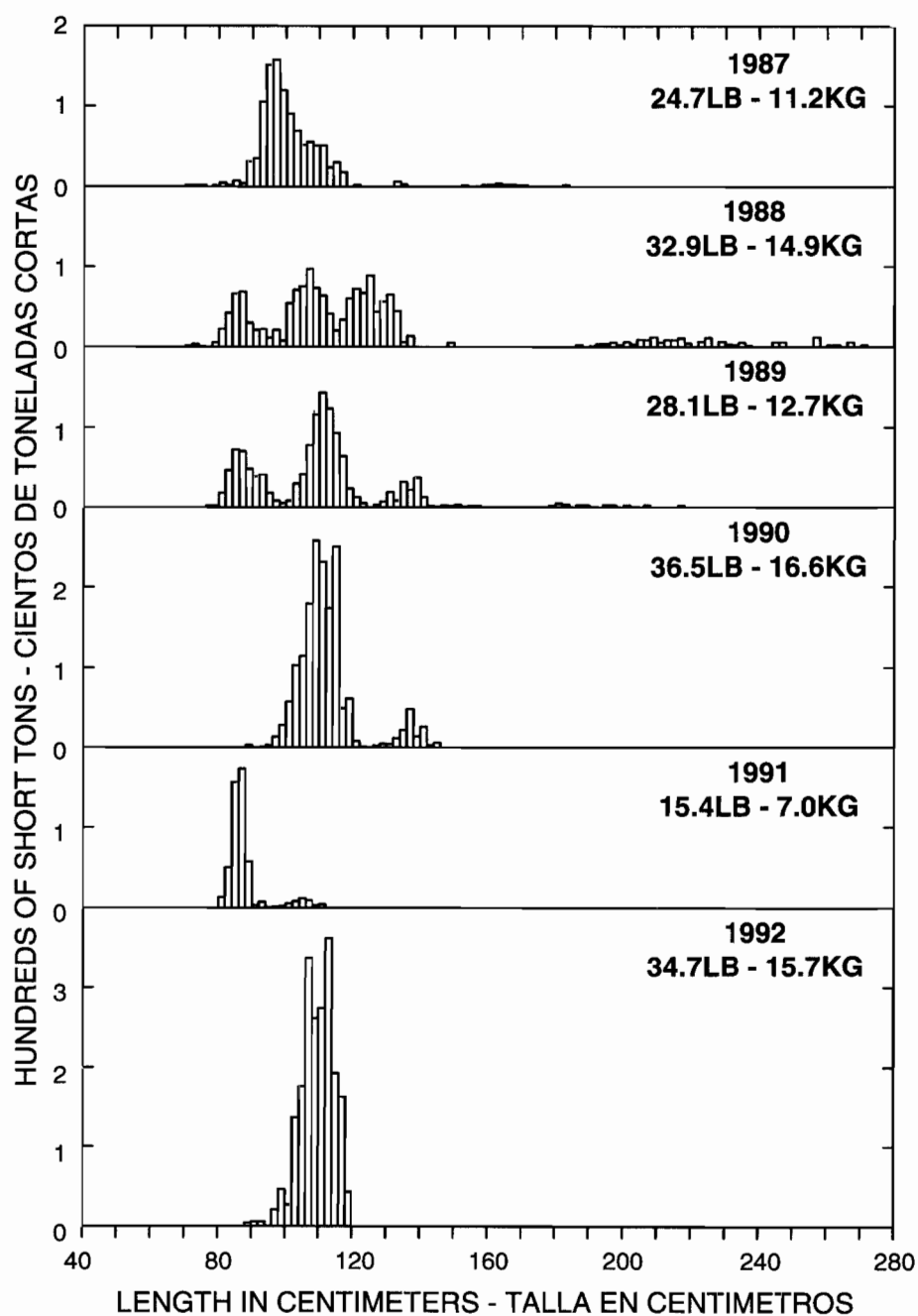
**FIGURE 17.** Estimated catches of skipjack in selected market-measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1992. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 17.** Captura estimada de barrilete en áreas de medición seleccionadas del Océano Pacífico oriental en 1992. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



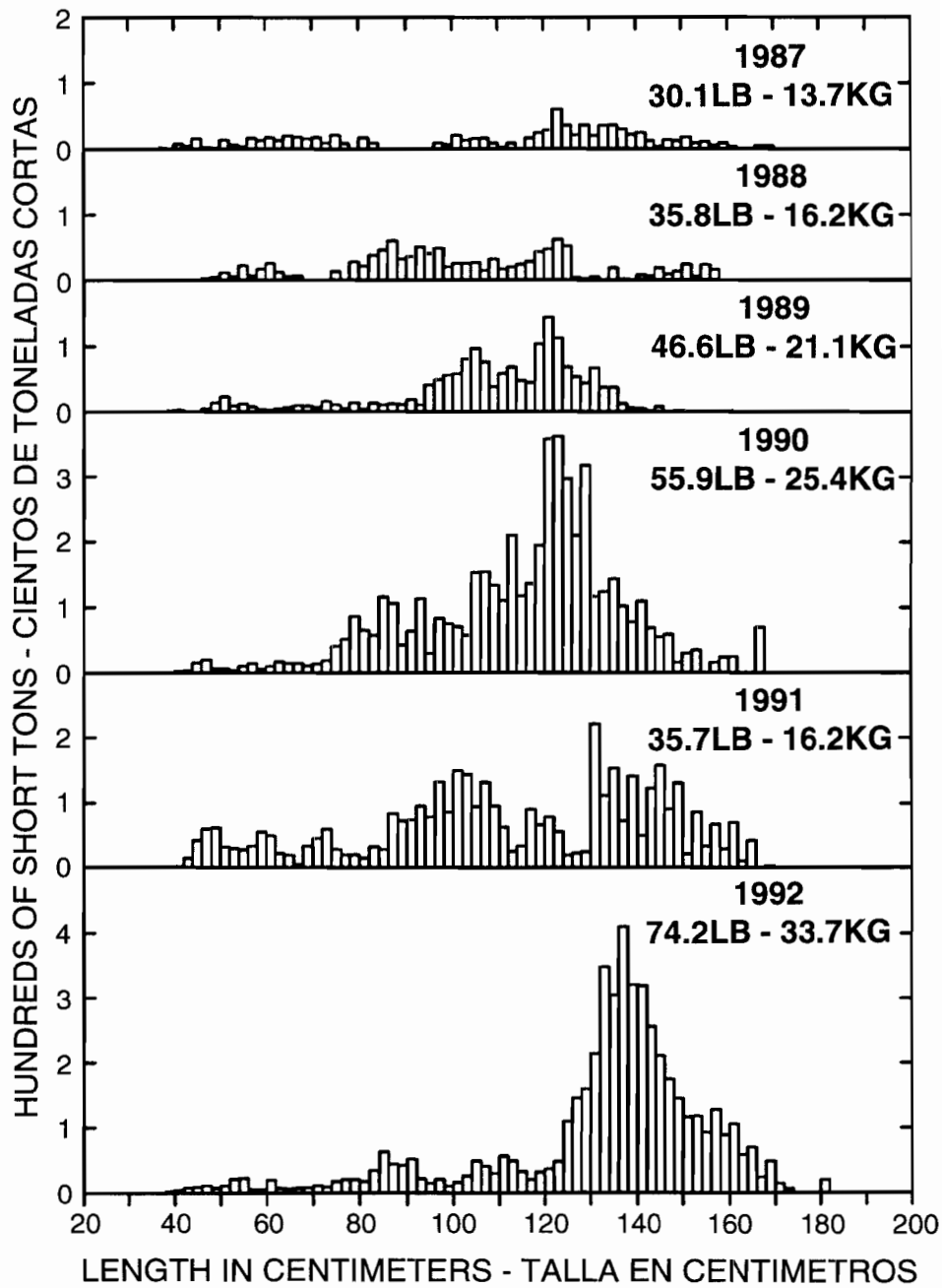
**FIGURE 18.** Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 18.** Captura estimada de barrilete en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



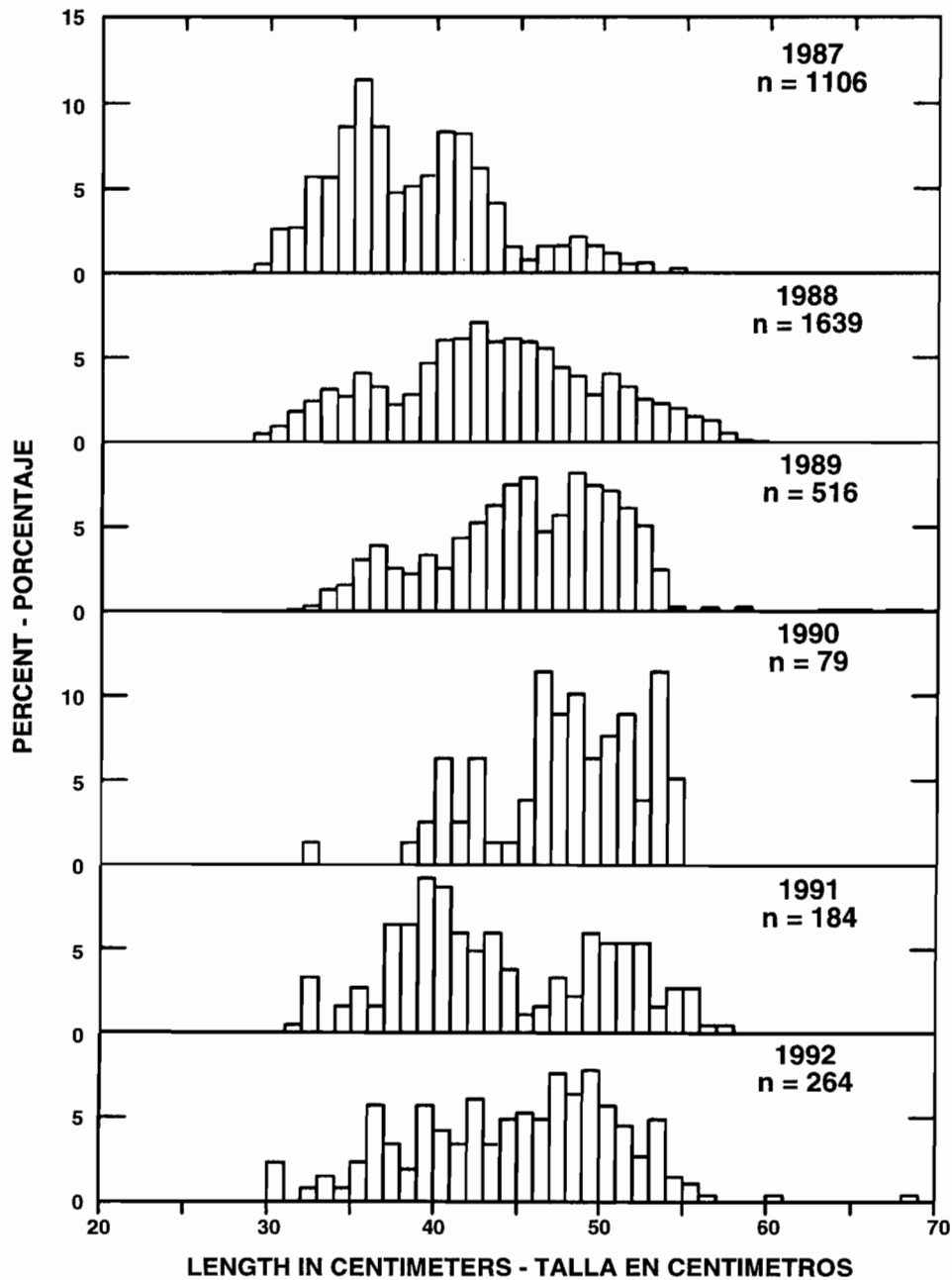
**FIGURE 19.** Estimated catches of northern bluefin by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 19.** Captura estimada de aleta azul del norte por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



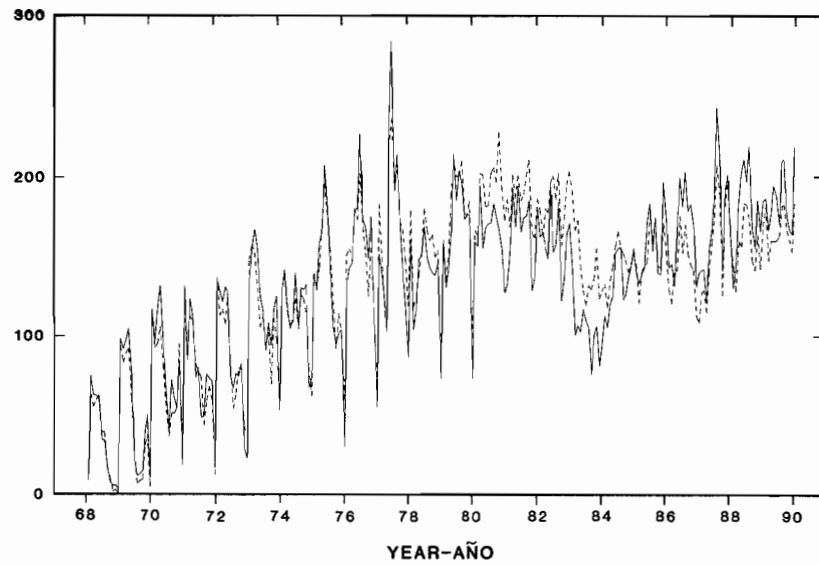
**FIGURE 20.** Estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

**FIGURA 20.** Captura estimada de patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.



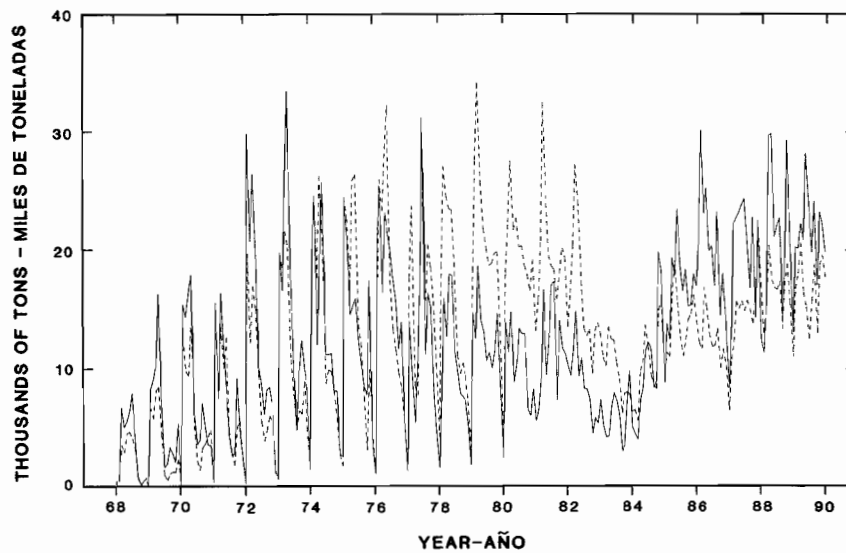
**FIGURE 21.** Annual length-frequency distributions of black skipjack caught in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 21.** Distribución anual de la frecuencia de talla de barriletes negros capturados en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 22.** Observed (solid lines) and estimated (dashed lines) catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean. The units at the left margin are the sums of the natural logarithms of the tonnages caught in each 5-degree area.

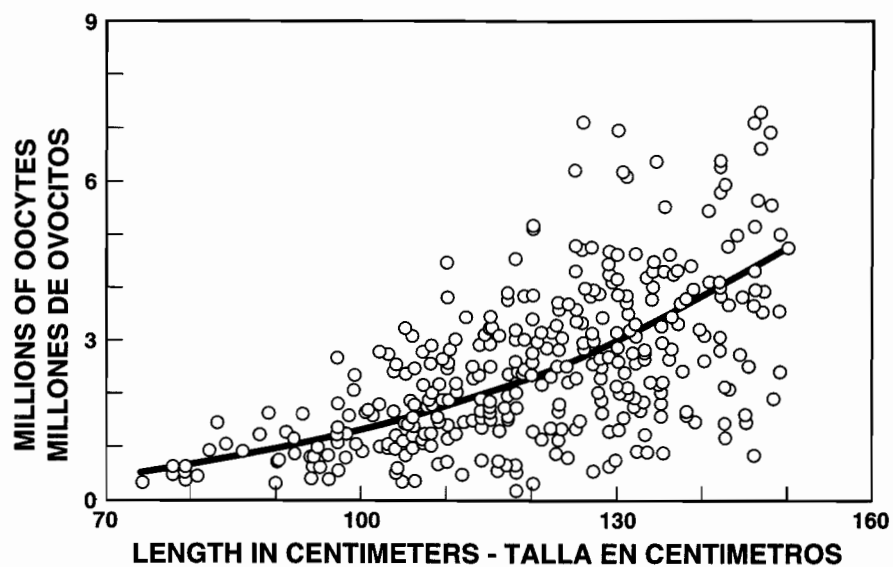
**FIGURA 22.** Capturas observadas (líneas continuas) y estimadas (líneas de trazos) de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Las unidades en el margen izquierdo representan las sumas de los logaritmos naturales de los tonelajes capturados en cada área de 5 grados.



**FIGURE 23.** Observed (solid lines) and estimated (dashed lines) catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

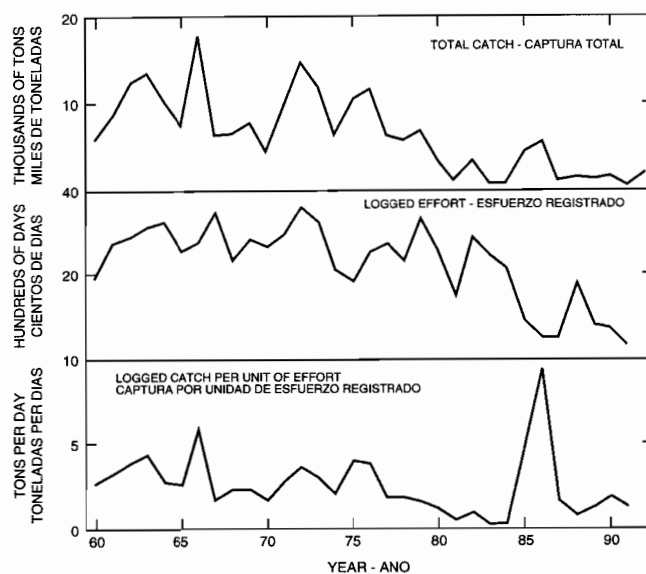
**FIGURA 23.** Capturas observadas (líneas continuas) y estimadas (líneas de trazos) de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.





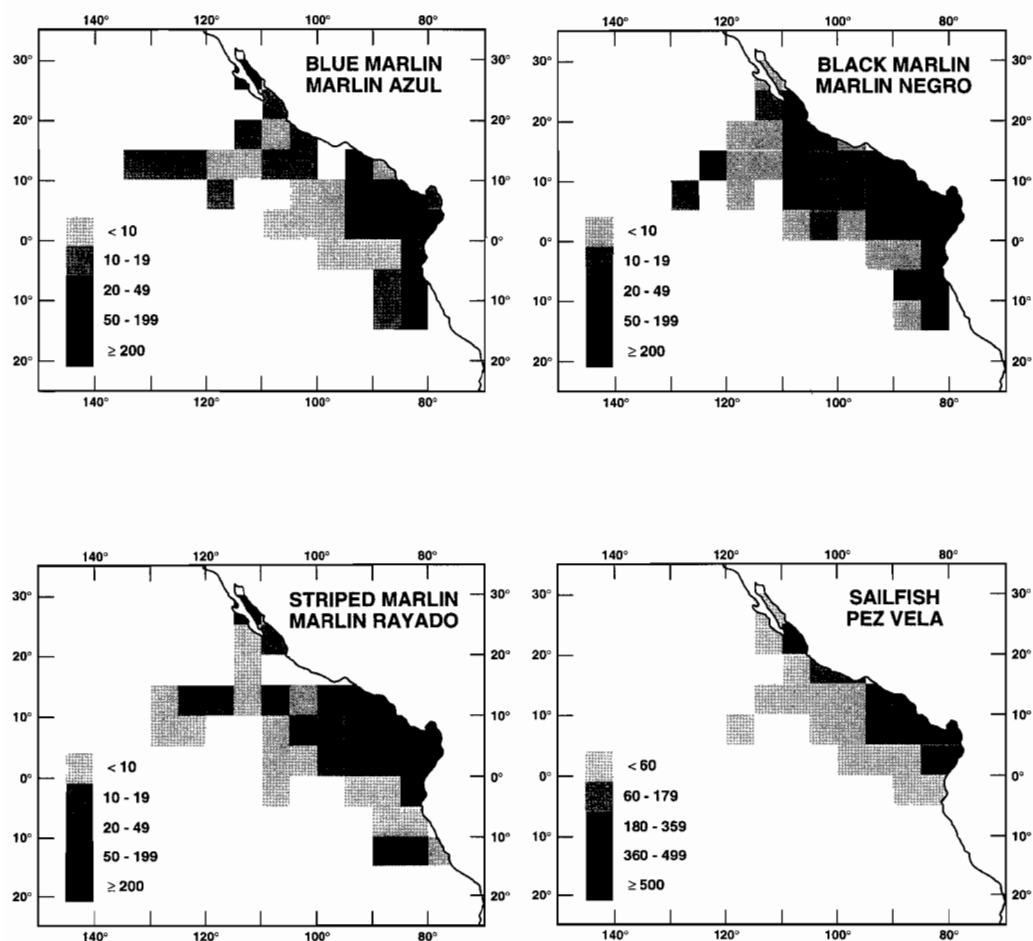
**FIGURE 24.** Relationship between batch fecundity and length for 345 yellowfin tuna from the eastern Pacific Ocean during 1987-1989. The equation for the relationship is given in the text.

**FIGURA 24.** Relación entre la fecundidad por camada y talla para 345 atunes aleta amarilla del Océano Pacífico oriental durante 1987-1989. Se presenta en el texto la ecuación para la relación.



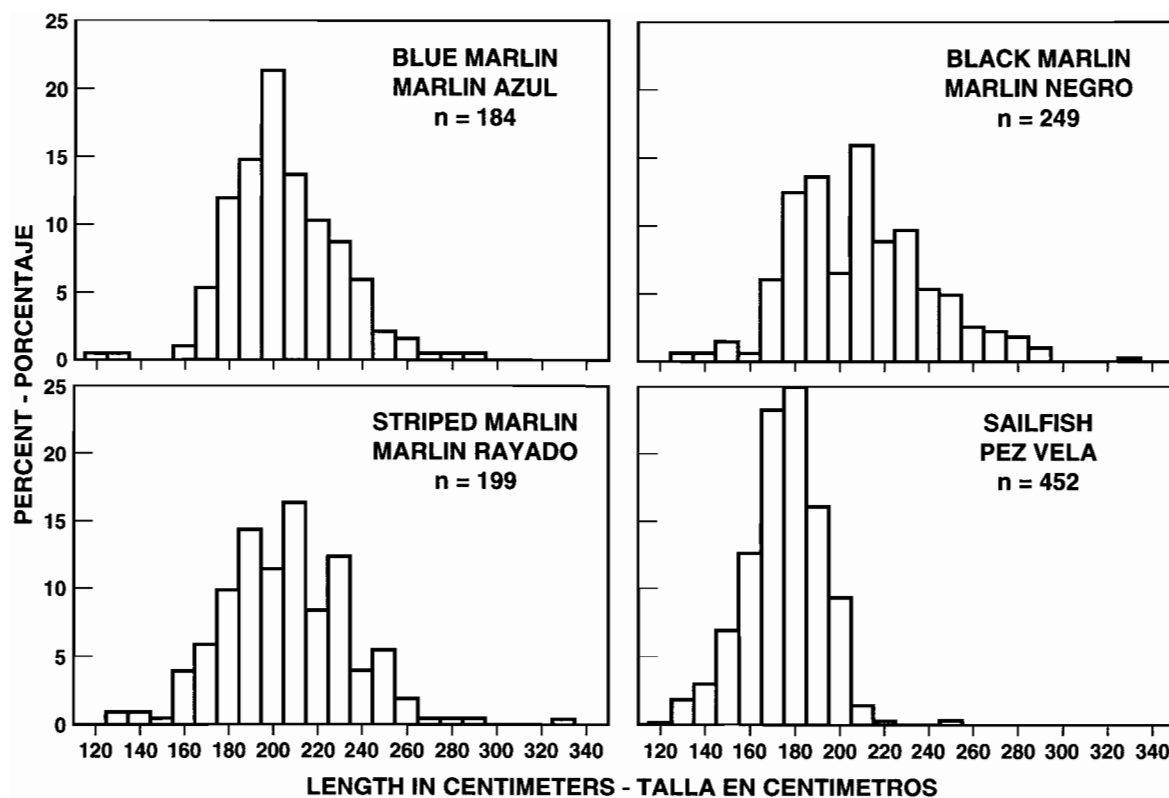
**FIGURE 25.** Catch, effort, and catch-per-unit-of-effort data for the surface fishery for northern bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 25.** Datos de captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo para la pesquería de superficie de atunes aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental.

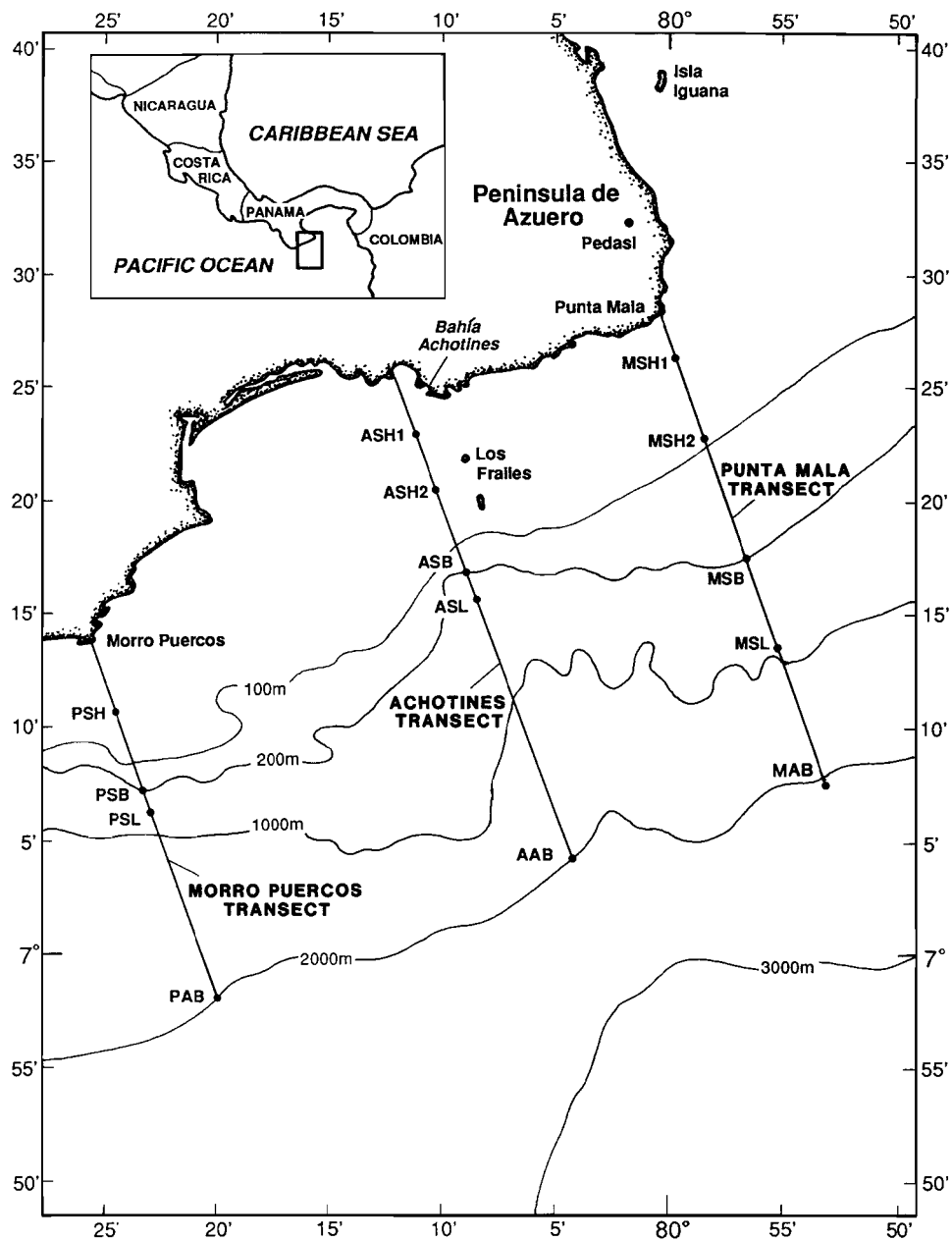


**FIGURE 26.** Locations at which marlins and sailfish were caught in the eastern Pacific Ocean by purse-seine vessels during 1989-1992. The units are numbers of fish.

**FIGURA 26.** Lugares de captura de marlines y peces vela en el Océano Pacífico oriental por barcos cerqueros durante 1989-1992. Las unidades son números de peces.

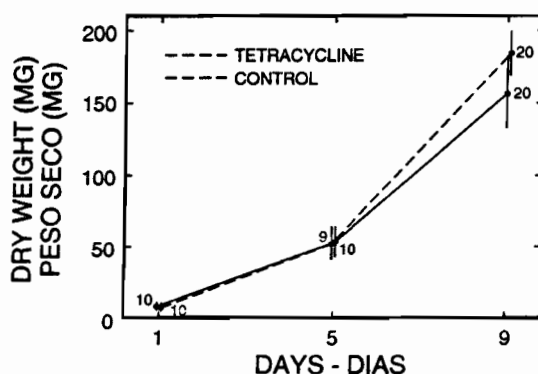


**FIGURE 27.** Length frequencies of marlins and sailfish caught in the eastern Pacific Ocean by purse-seine vessels during 1989-1992.  
**FIGURA 27.** Frecuencias de talla de marlines y peces vela capturados en el Océano Pacífico oriental por barcos cerqueros durante 1989-1992.



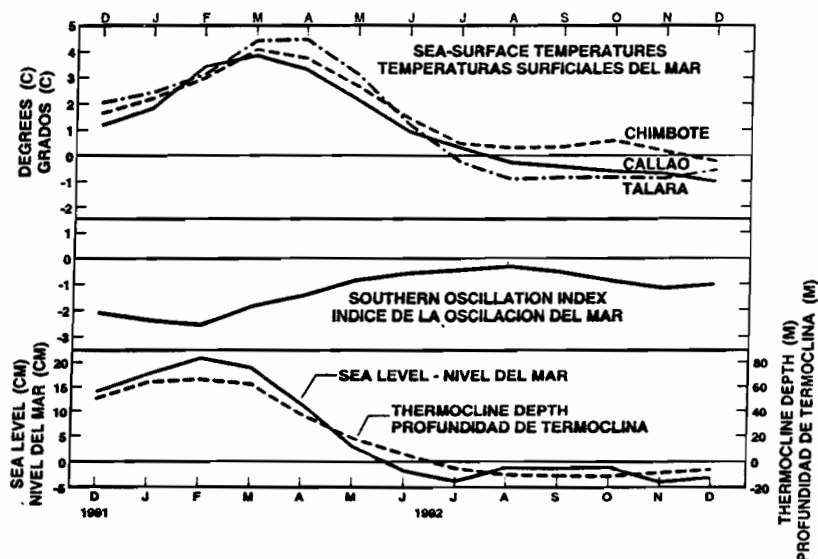
**FIGURE 28.** Location of Achotines Bay, Panama. The Achotines Laboratory is located on the east side of the bay. The dots on the transects represent sampling stations.

**FIGURA 28.** Ubicación de la Bahía de Achotines, Panamá. El laboratorio está situado al borde este de la bahía. Los puntos en los transectos representan estaciones de muestreo.



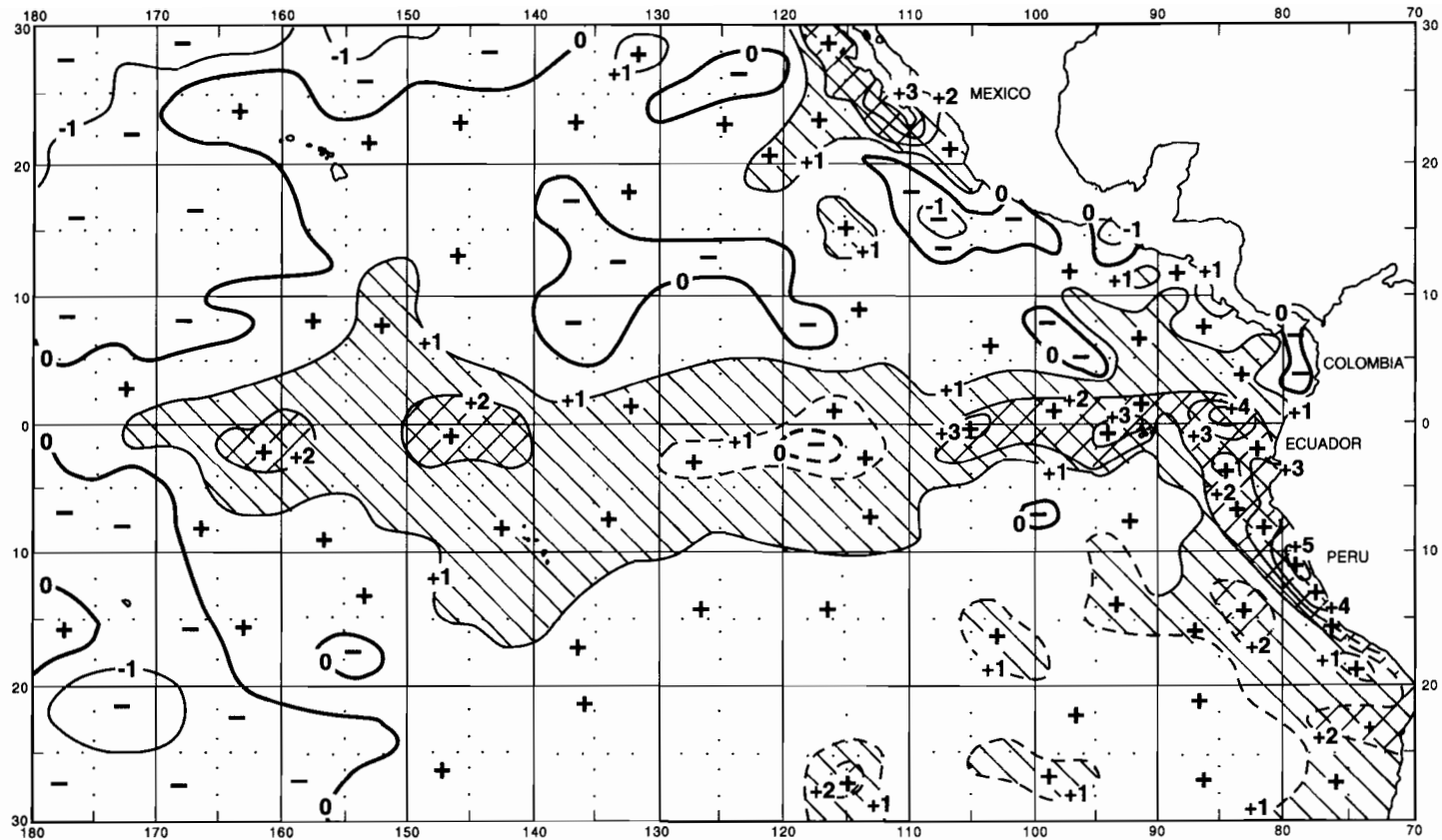
**FIGURE 29.** Growth in dry weight of tetracycline-treated and untreated (control) late-larval and early-juvenile *Auxis* spp. The plotted values are pooled means of the replicates, and the vertical lines are 95-percent confidence intervals. The sample sizes are indicated for each day sampled.

**FIGURA 29.** Crecimiento en peso seco de larvas tardías y juveniles tempranos de *Auxis* spp. tratados con tetraciclina y no tratados (control). Los valores graficados son los promedios agrupados de los replicados, y las líneas verticales representan intervalos de confianza de 95%. Se indican los tamaños de las muestras para cada día muestreado.



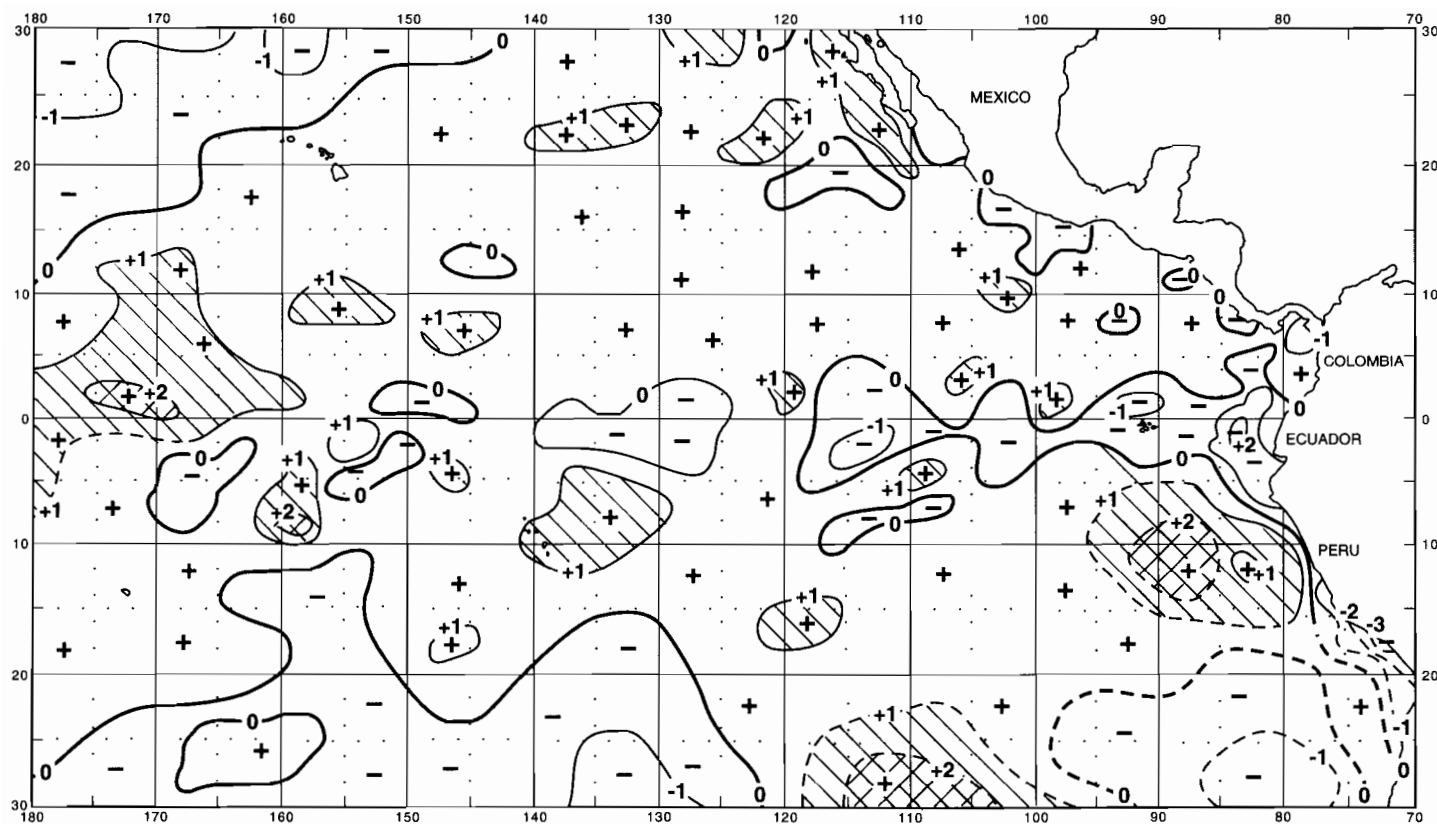
**FIGURE 30.** Three-month running means of Southern Oscillation Indices (SOIs) and anomalies of sea-surface temperatures (SSTs), sea levels, and thermocline depths. The SST anomalies are based on averages of monthly mean anomalies at Callao, Chimbote, and Talara, Peru. The sea-level anomalies are based on the averages of the monthly mean anomalies at four coastal stations from Buenaventura, Colombia, to Callao, Peru. The thermocline depth anomalies are based on monthly mean depths of the 20°C isotherm in the eastern Pacific Ocean east of 110°W between 5°N and 5°S.

**FIGURA 30.** Valores medios móviles trimestrales del Índice de Oscilación del Sur (IOS) y las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), el nivel del mar, y la profundidad de la termoclina. Las anomalías de la TSM están basadas en los promedios de las anomalías medias mensuales en Callao, Chimbote, y Talara (Perú). Las anomalías del nivel del mar están basadas en los promedios de las anomalías medias mensuales en cuatro estaciones costeras entre Buenaventura (Colombia) y Callao (Perú). Las anomalías de la profundidad de la termoclina están basadas en la profundidad media mensual de la isoterma de 20°C en el Océano Pacífico oriental al este de 110°W entre 5°N y 5°S.



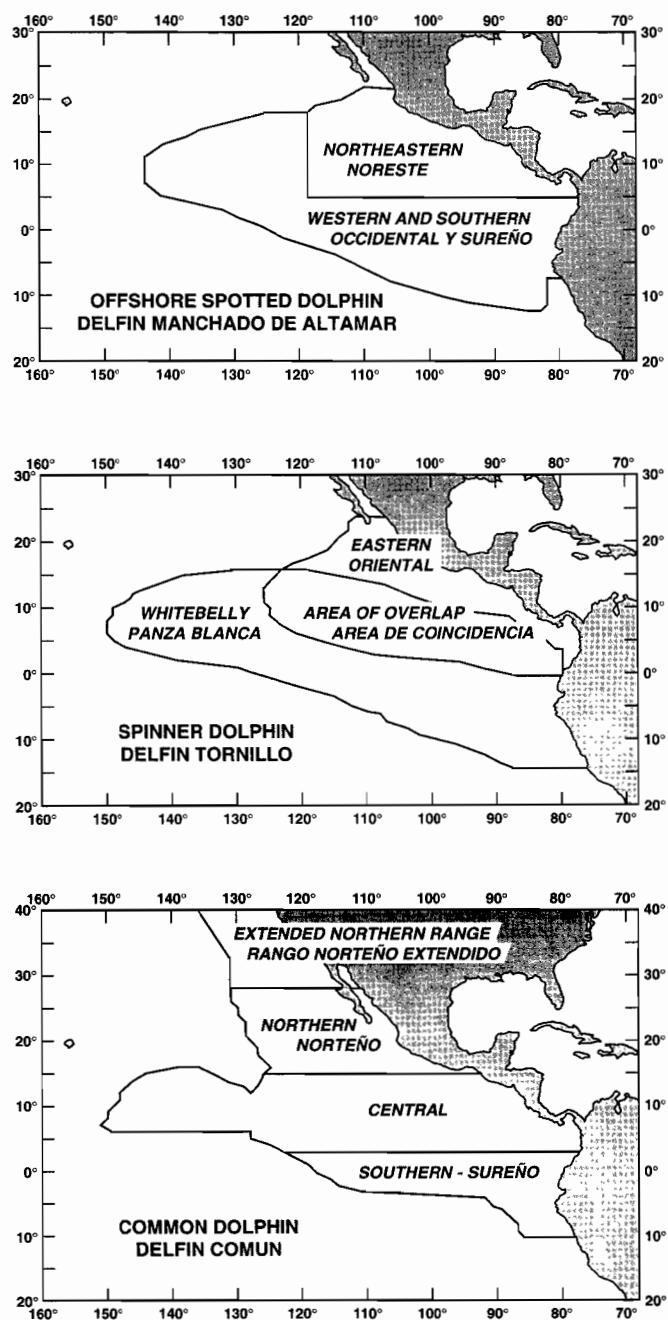
**FIGURE 31.** SST anomalies (departures from long-term normals) for April 1992, based on data from fishing boats and other commercial vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C above normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C above normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

**FIGURA 31.** Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en abril de 1992, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y otros buques comerciales. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de 1°C superiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C superiores a lo normal. Las contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



**FIGURE 32.** SST anomalies (departures from long-term normals) for December 1992, based on data from fishing boats and other commercial vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C above normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C above normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

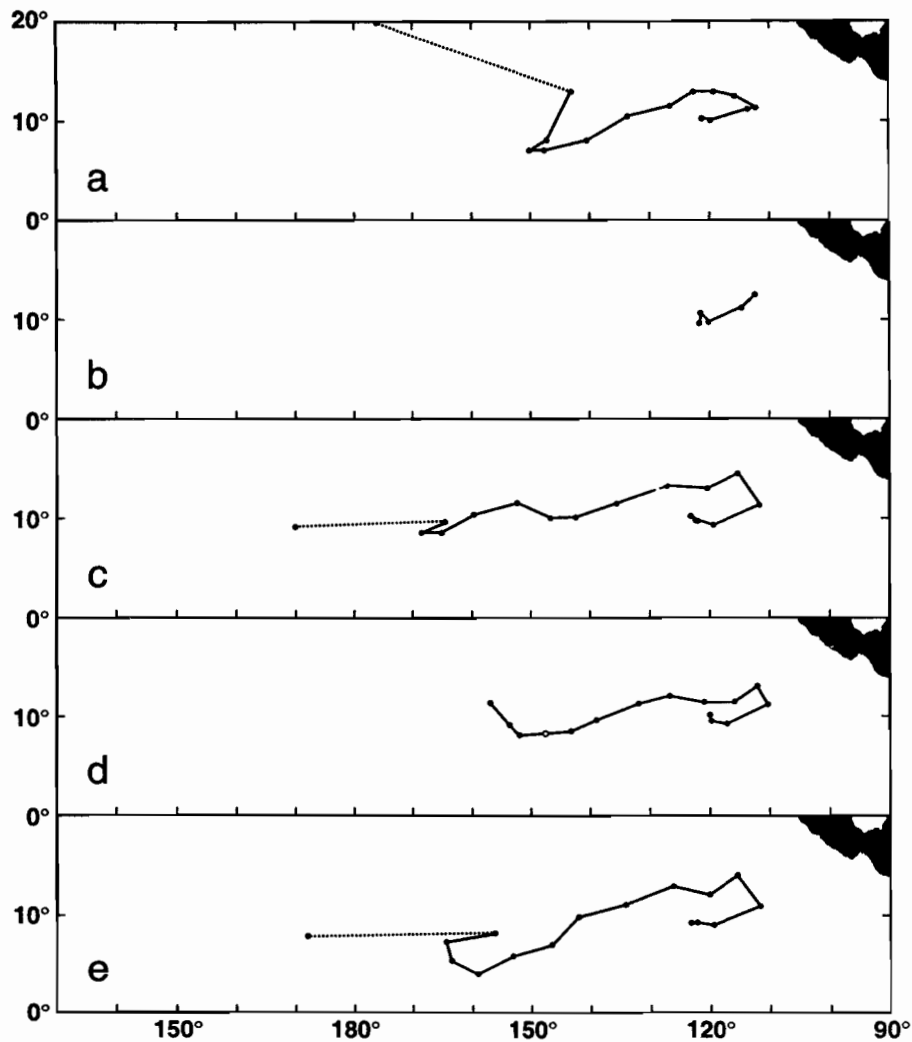
**FIGURA 32.** Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en diciembre de 1992, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y otros buques comerciales. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de 1°C superiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C superiores a lo normal. Las contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



**FIGURE 33.** Average distributions of the stocks of spotted, spinner, and common dolphins in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 33.** Distribuciones medias de los stocks de delfines manchados, tornillos, y comunes en el Océano Pacífico oriental.



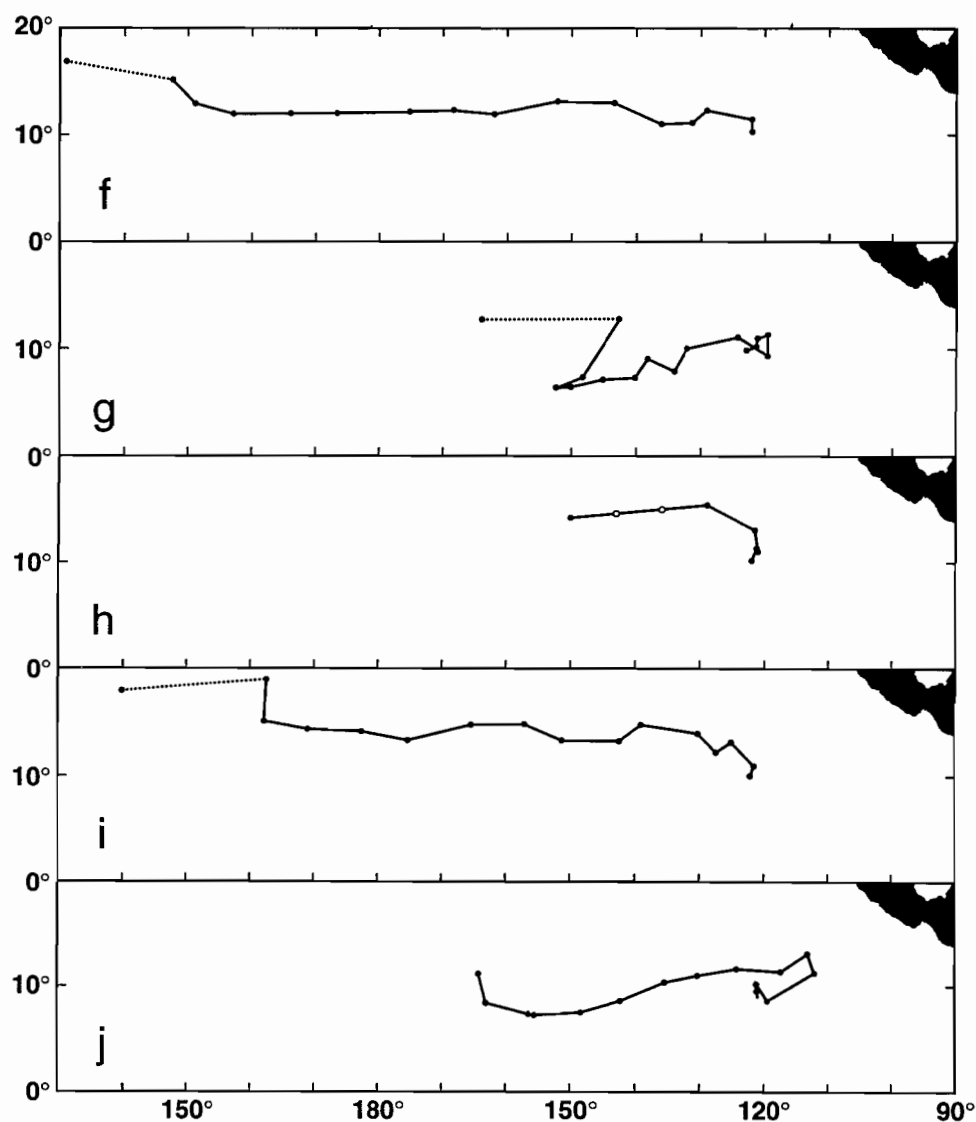


**FIGURE 34.** Drift trajectories of IATTC-NMFS FADs equipped with satellite transmitters. The points represent the first positions received each month. The circles indicate positions, obtained by linear interpolation, for months for which there were no data.

- a. Group 1, July 1991 to September 1992, and a last reported position in April 1993;
- b. Group 2, July 1991 to November 1991;
- c. Group 3, July 1991 to September 1992, and a last reported position in April 1993;
- d. Group 4, July 1991 to September 1992;
- e. Group 5, July 1991 to September 1992, and a last reported position in March 1993.

**FIGURA 34.** Trayectorias de deriva de balsas para agregar peces del proyecto CIAT-NMFS equipadas con transmisores a satélite. Los puntos representan las primeras posiciones recibidas cada mes. Los círculos indican posiciones, obtenidas por interpolación lineal, para los meses sin datos.

- a. Grupo 1, julio de 1991 a septiembre de 1992, y la última posición registrada en abril de 1993;
- b. Grupo 2, julio de 1991 a noviembre de 1991;
- c. Grupo 3, julio de 1991 a septiembre de 1992, y la última posición registrada en abril de 1993;
- d. Grupo 4, julio de 1991 a septiembre de 1992;
- e. Grupo 5, julio de 1991 a septiembre de 1992, y la última posición registrada en marzo de 1993

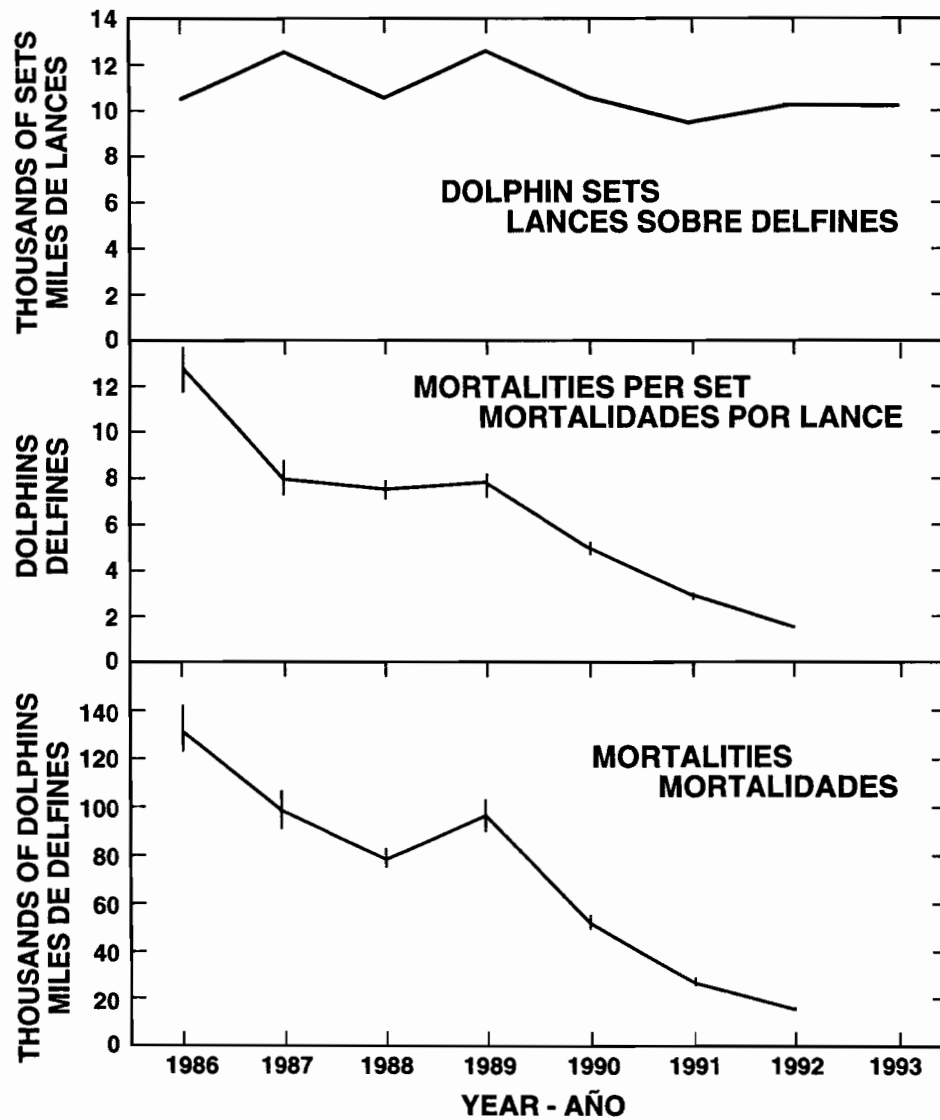


**FIGURE 34** (continued). Drift trajectories of IATTC-NMFS FADs equipped with satellite transmitters.

- f. Group 6, July 1991 to September 1992, and a last reported position in February 1993;
- g. Group 7, July 1991 to September 1992, and a last reported position in January 1993;
- h. Group 8, July 1991 to February 1992;
- i. Group 9, July 1991 to September 1992, and a last reported position in January 1993;
- j. Group 10, July 1991 to September 1992.

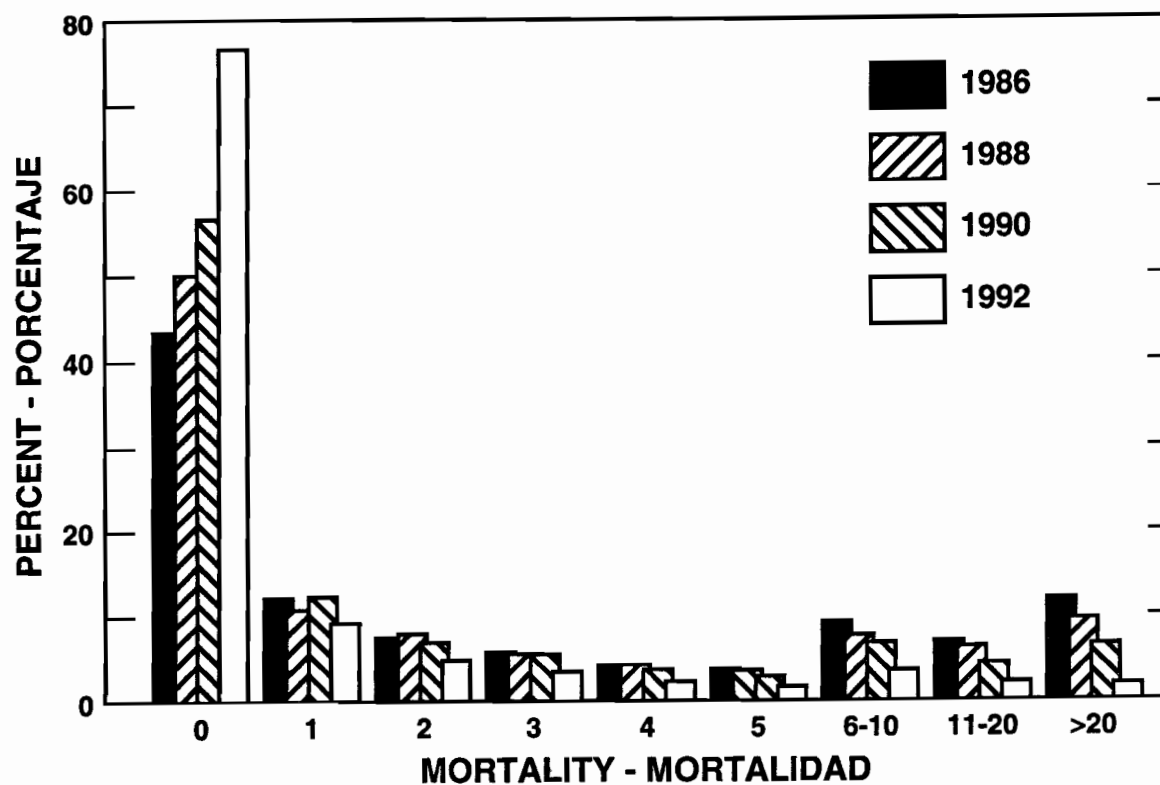
**FIGURA 34** (continuación). Trayectorias de deriva de balsas para agregar peces del proyecto CIAT-NMFS equipadas con transmisores a satélite.

- f. Grupo 6, julio de 1991 a septiembre de 1992, y la última posición registrada en febrero de 1993;
- g. Grupo 7, julio de 1991 a septiembre de 1992, y la última posición registrada en enero de 1993;
- h. Grupo 8, julio de 1991 a febrero de 1992;
- i. Grupo 9, julio de 1991 a septiembre de 1992, y la última posición registrada en enero de 1993;
- j. Grupo 10, julio de 1991 a septiembre de 1992.



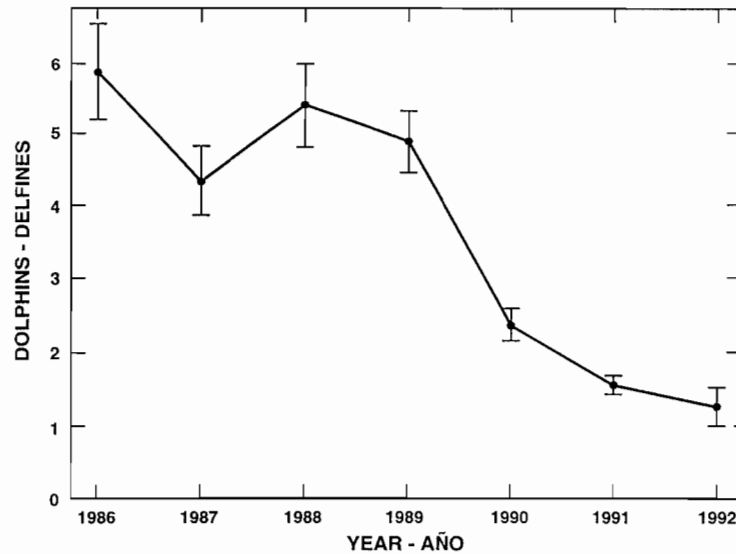
**FIGURE 35.** Estimated numbers of sets on tunas associated with dolphins, average mortalities per set, and total mortalities, for all species of dolphins combined, caused by the surface fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean. Each vertical line represents one positive and one negative standard error.

**FIGURA 35.** Número estimado de lances sobre atunes asociados con delfines, mortalidades medias por lance, y mortalidades totales, para todas las especies de delfines, causadas por la pesquería atunera de superficie en el Océano Pacífico oriental. Cada línea vertical representa un error estándar positivo y un error estándar estimado.



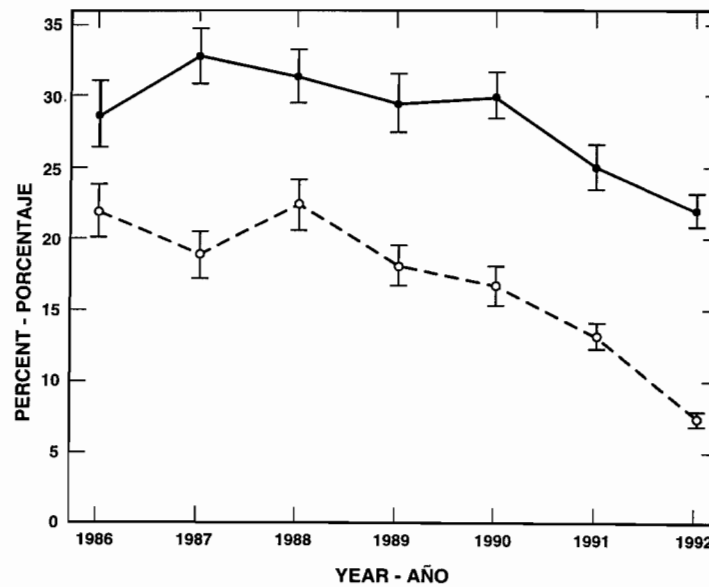
**FIGURE 36.** Distributions of the mortalities of dolphins per set for fishing trips which were accompanied by observers. The last category represents the percentage of sets with mortalities of 25 or more dolphins.

**FIGURA 36.** Distribuciones de las mortalidades de delfines por lance para los viajes acompañados por observadores. La última categoría representa el porcentaje de lances con mortalidades de 25 o más delfines.



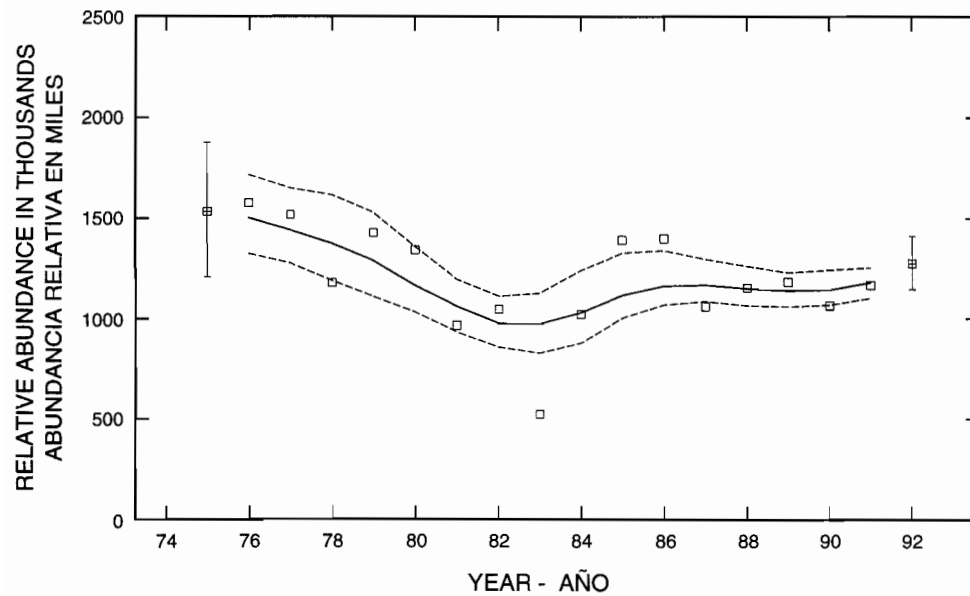
**FIGURE 37.** Average numbers of dolphins left in the net after backdown. Each vertical line represents one positive and one negative standard error.

**FIGURA 37.** Número medio de delfines que permanecen en la red después del retroceso. Cada línea vertical representa un error estándar positivo y un error estándar negativo.



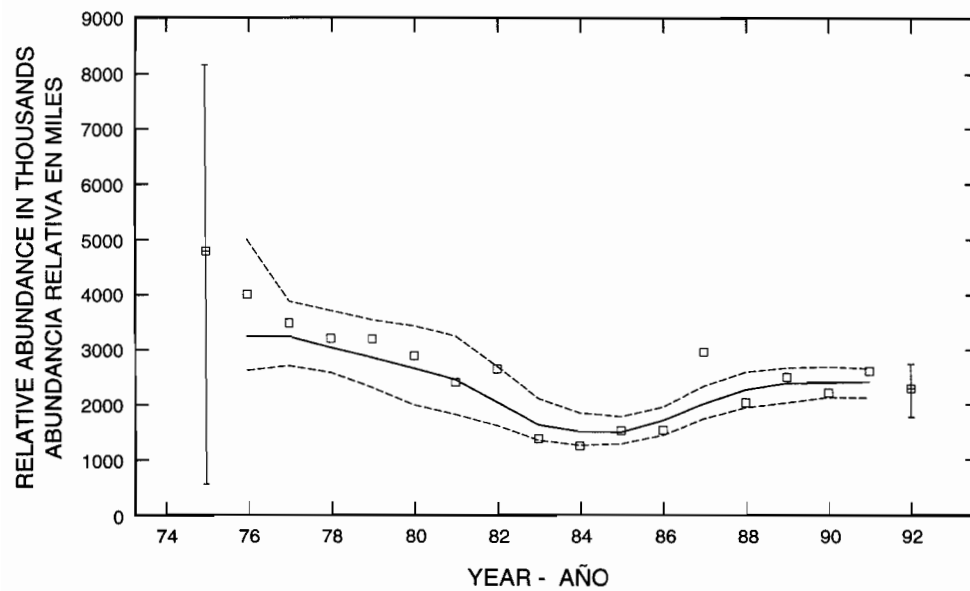
**FIGURE 38.** Percentages of sets with net canopies (solid line) and net collapses (dashed line). Each vertical line represents one positive and one negative standard error.

**FIGURA 38.** Porcentajes de lances con abultamientos (línea continua) y colapsos (línea de trazos) de la red. Cada línea vertical representa un error estándar positivo y un error estándar negativo.



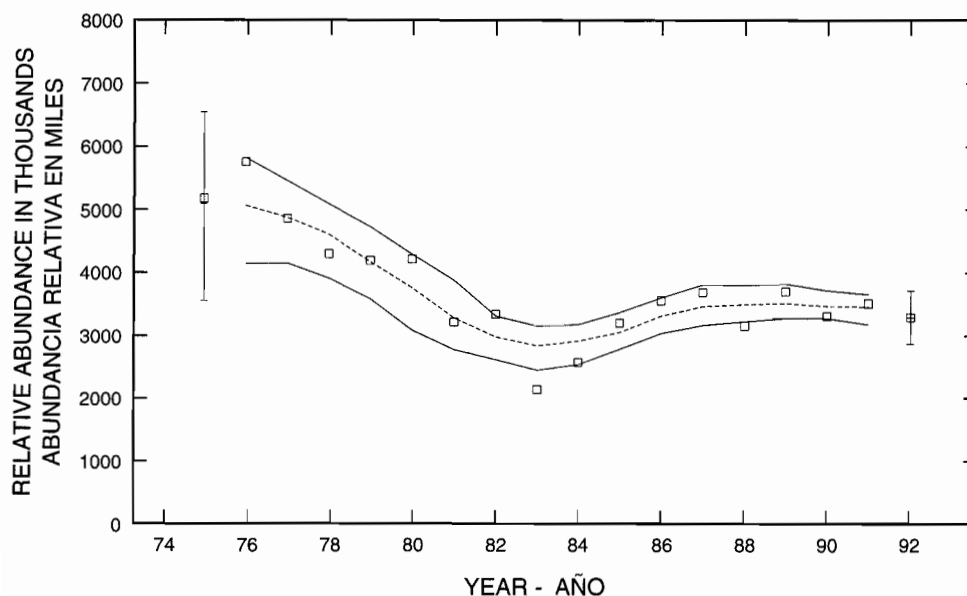
**FIGURE 39.** Smoothed trends in abundance of the northeastern offshore stock of spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 39.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock noreste de altamar del delfin manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.



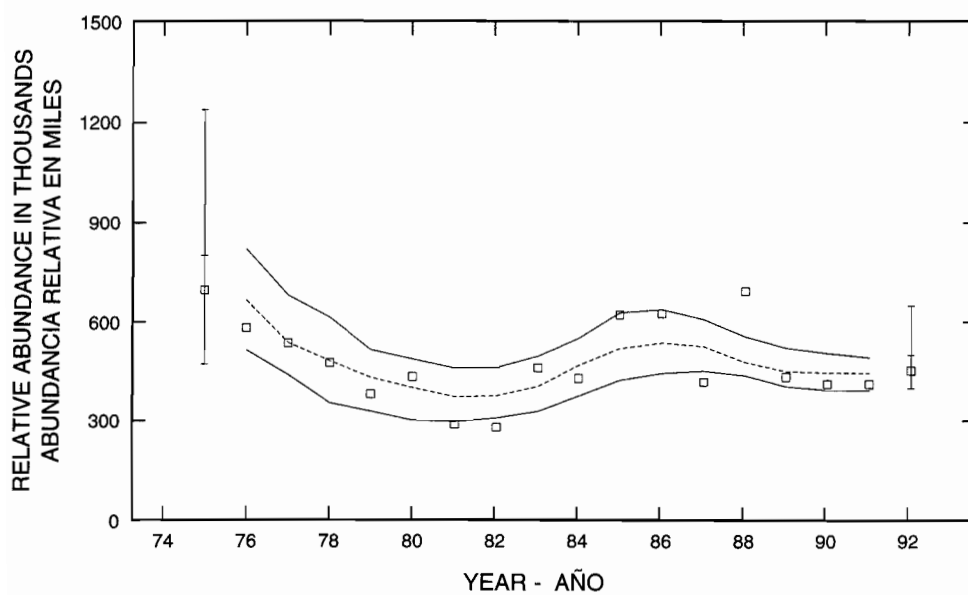
**FIGURE 40.** Smoothed trends in abundance of the western and southern offshore stock of spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 40.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock occidental y sureño de altamar del delfin manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.



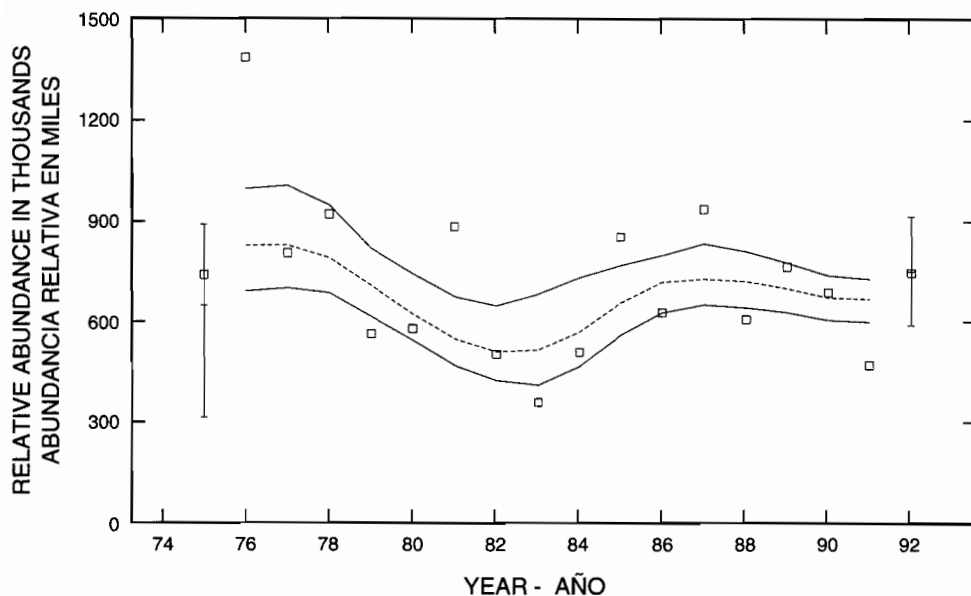
**FIGURE 41.** Smoothed trends in abundance of the combined northeastern and western and southern stocks of spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 41.** Tendencias suavizadas en la abundancia de los stocks noreste y occidental y sureño combinados del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.



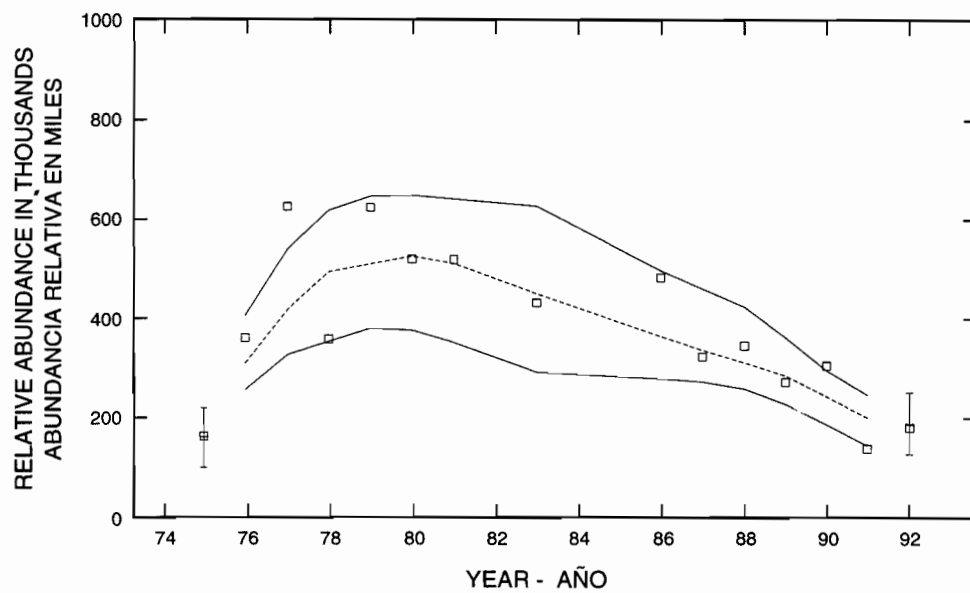
**FIGURE 42.** Smoothed trends in abundance of the eastern stock of spinner dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 42.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock oriental del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.



**FIGURE 43.** Smoothed trends in abundance of the whitebelly stock of spinner dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

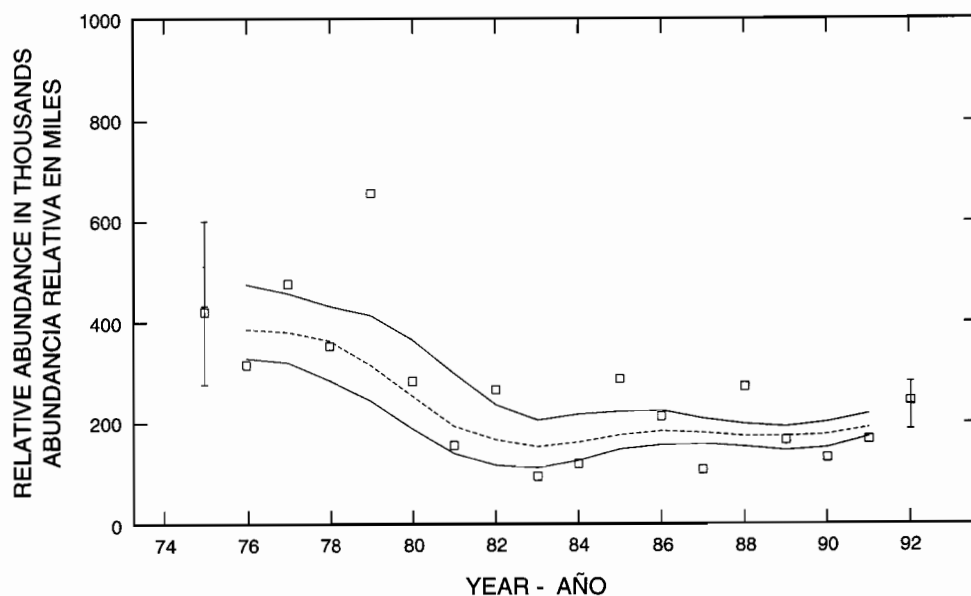
**FIGURA 43.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock panza blanca del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.



**FIGURE 44.** Smoothed trends in abundance of the northern stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

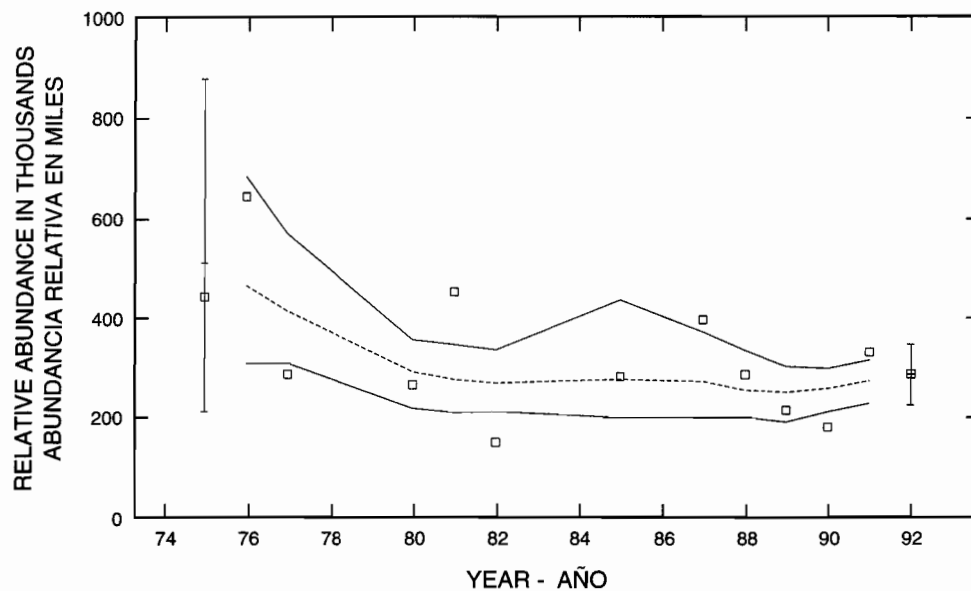
**FIGURA 44.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock norteño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.





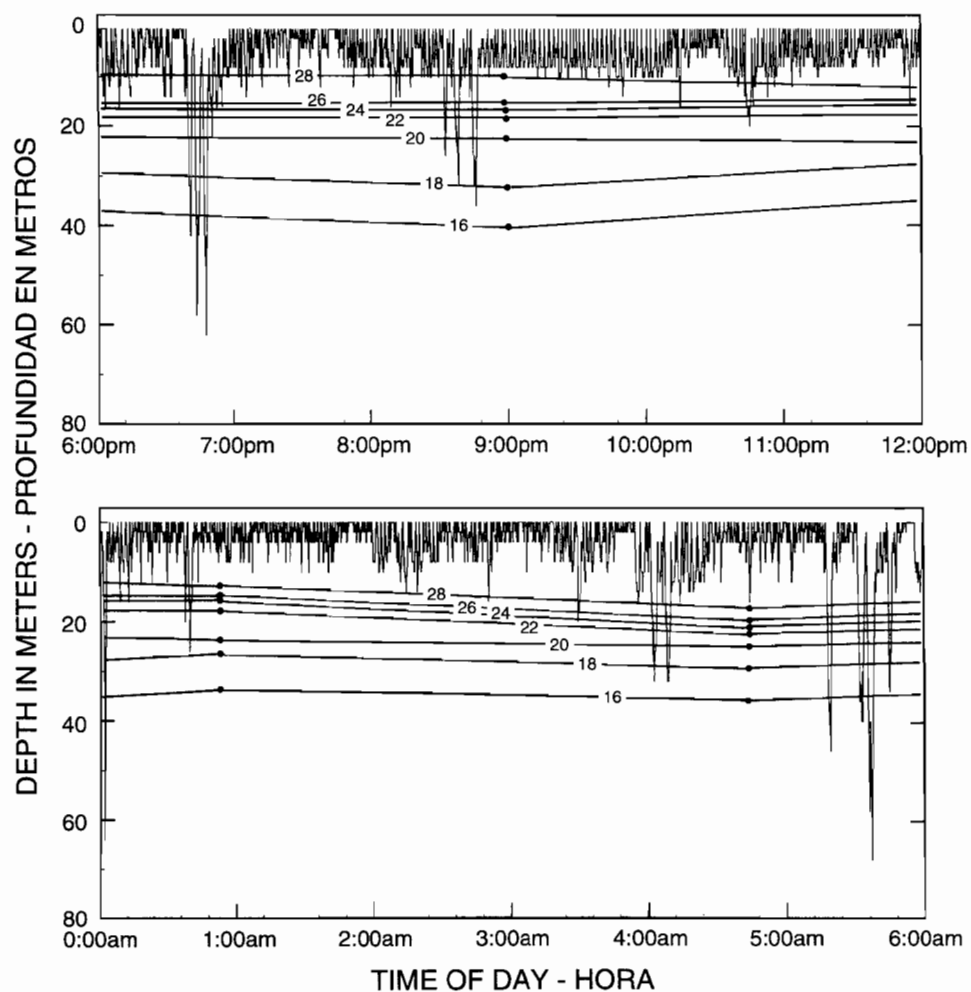
**FIGURE 45.** Smoothed trends in abundance of the central stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 45.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock central del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.



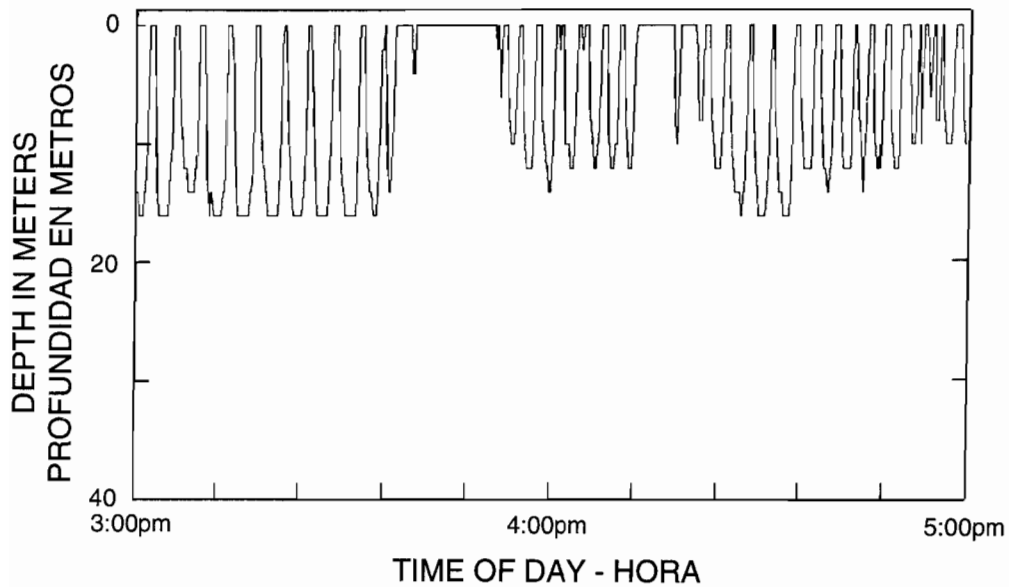
**FIGURE 46.** Smoothed trends in abundance of the southern stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 46.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock sureño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%.



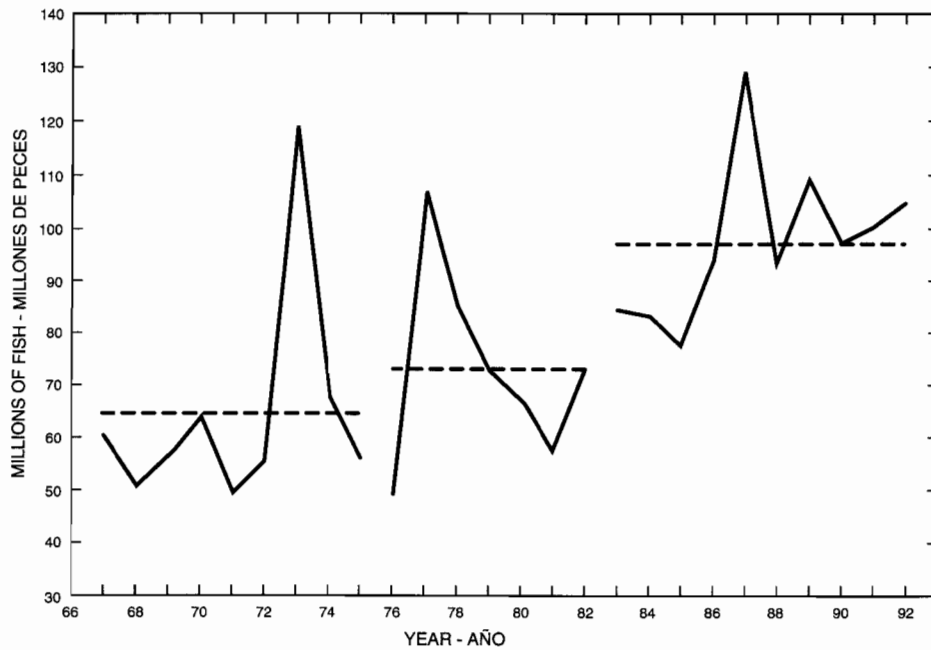
**FIGURE 47.** Depths recorded for a tagged spotted dolphin from 6:00 p.m., November 24, 1992, to 6:00 a.m., November 25, 1992. The dots represent temperatures, and the horizontal lines represent isotherms, both in degrees Celsius.

**FIGURA 47.** Profundidades registradas para un delfín manchado marcado entre las 6:00 p.m. del 24 de noviembre de 1992 y las 6:00 a.m. del 25 de noviembre de 1992. Los puntos representan temperaturas, y las líneas horizontales isotermas, ambas en grados centígrados.



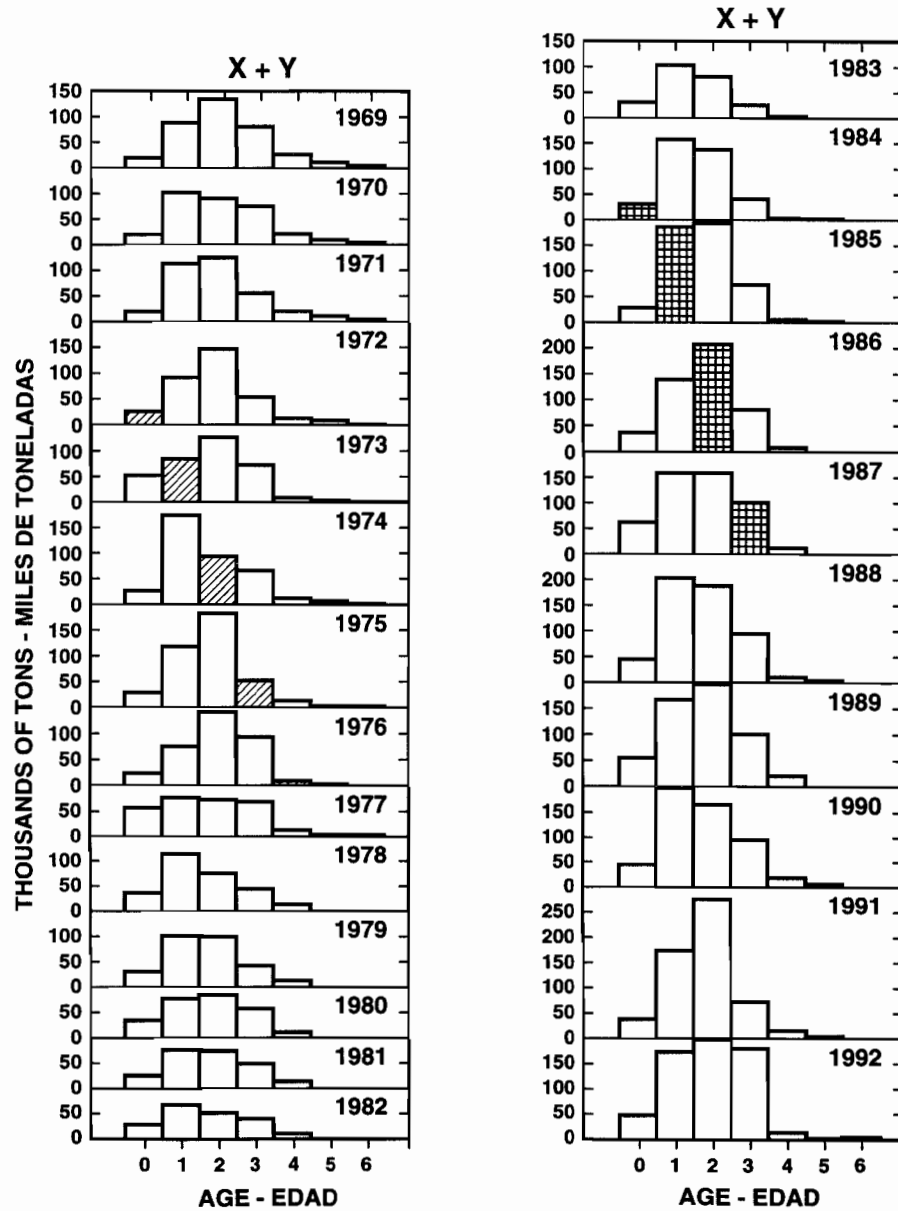
**FIGURE 48.** Depths recorded for a tagged spotted dolphin from 3:00 p.m. to 5:00 p.m., November 19, 1992.

**FIGURA 48.** Profundidades registradas para un delfin manchado marcado entre las 3:00 p.m. y las 5:00 p.m. del 19 de noviembre de 1992.



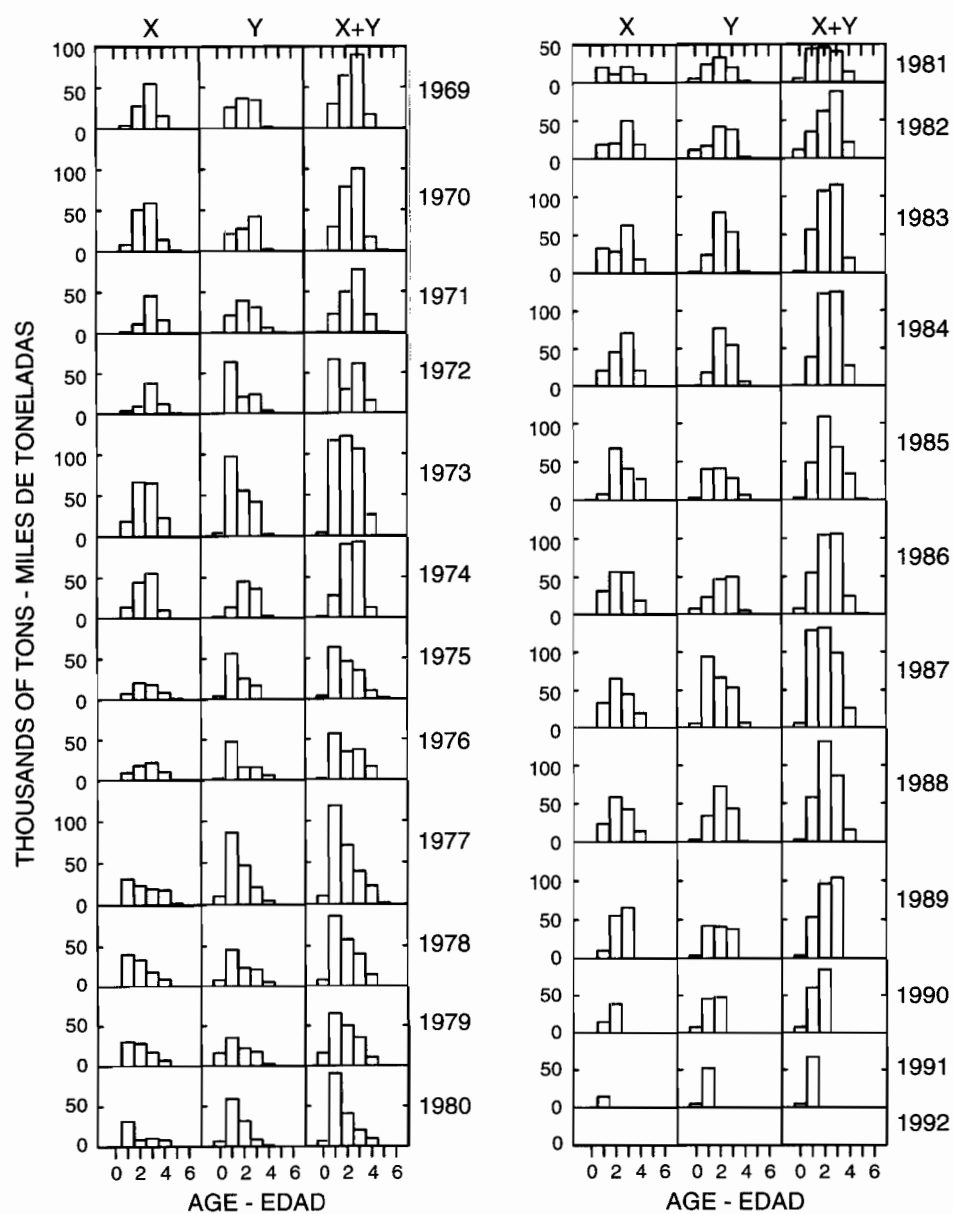
**FIGURE 49.** Estimated initial recruitments of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, with the average recruitments for 1967-1975, 1976-1982, and 1983-1992.

**FIGURA 49.** Reclutamientos iniciales estimados del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, con los reclutamientos medios de 1967-1975, 1976-1982, y 1983-1992.



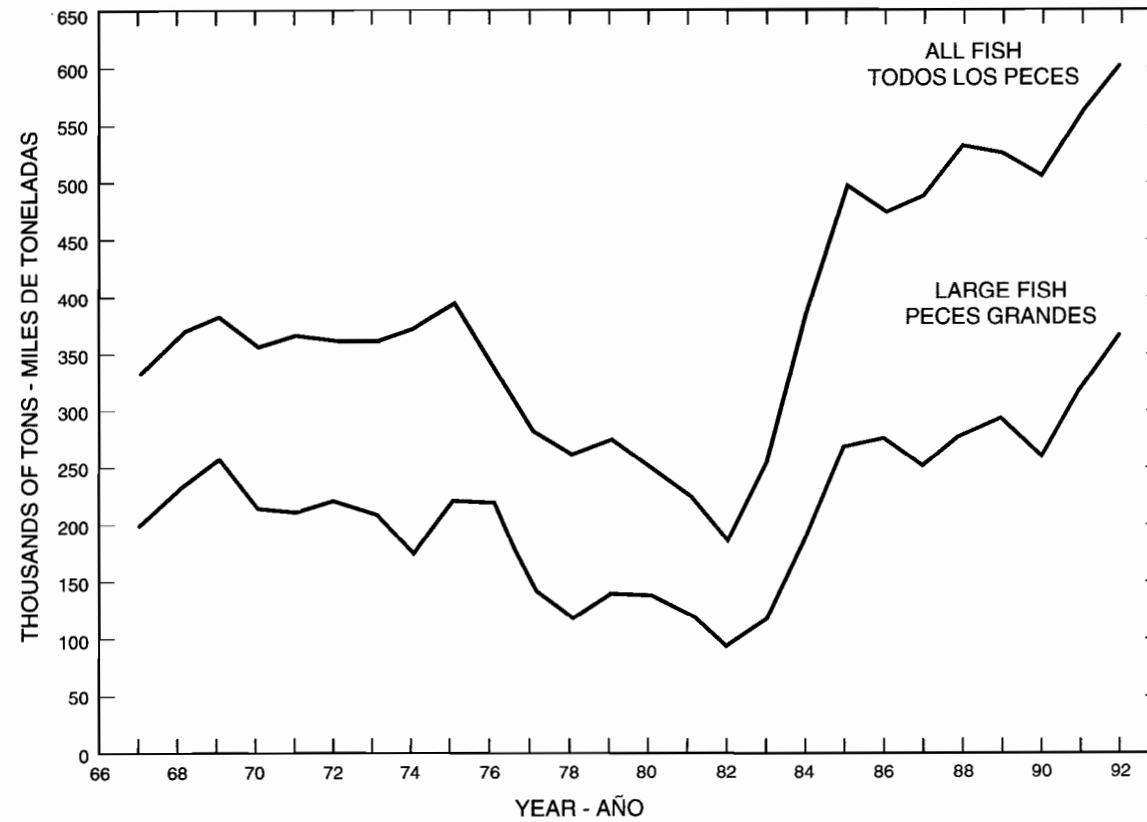
**FIGURE 50.** Average within-year biomass estimates of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, by age groups.

**FIGURA 50.** Estimaciones del promedio, dentro del año, de la biomasa del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, por grupos de edad.



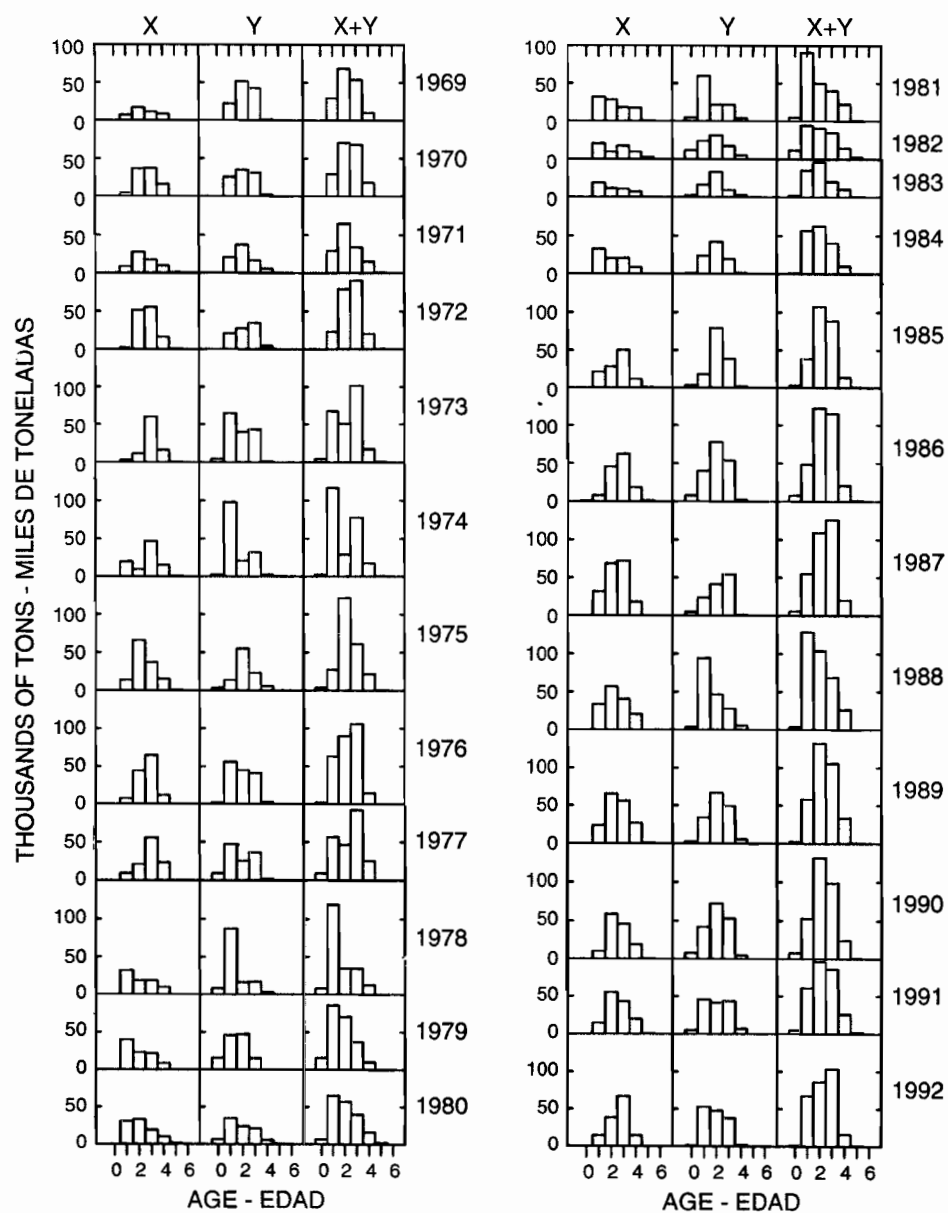
**FIGURE 51.** Estimated catches of yellowfin of the 1969 through 1992 cohorts at ages 0 through 6, by X and Y groups.

**FIGURA 51.** Capturas estimadas de aleta amarilla de las cohortes de 1969 a 1992 a edades de 0 a 6 años, por grupos X e Y.



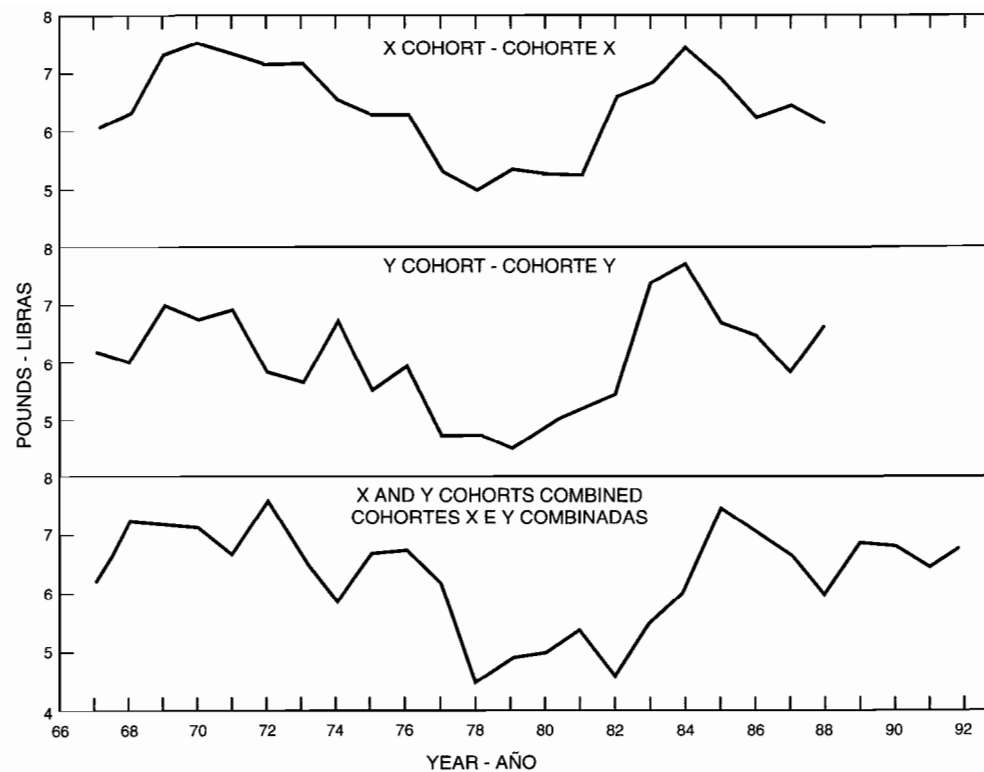
**FIGURE 52.** Average biomass estimates of yellowfin in the eastern Pacific Ocean for all fish and for larger fish only.

**FIGURA 52.** Estimaciones de la biomasa media del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental correspondientes a todos los peces y a los peces mayores solamente.



**FIGURE 53.** Estimated catches of yellowfin of ages 0 through 6 during 1969 through 1992, by X and Y groups.

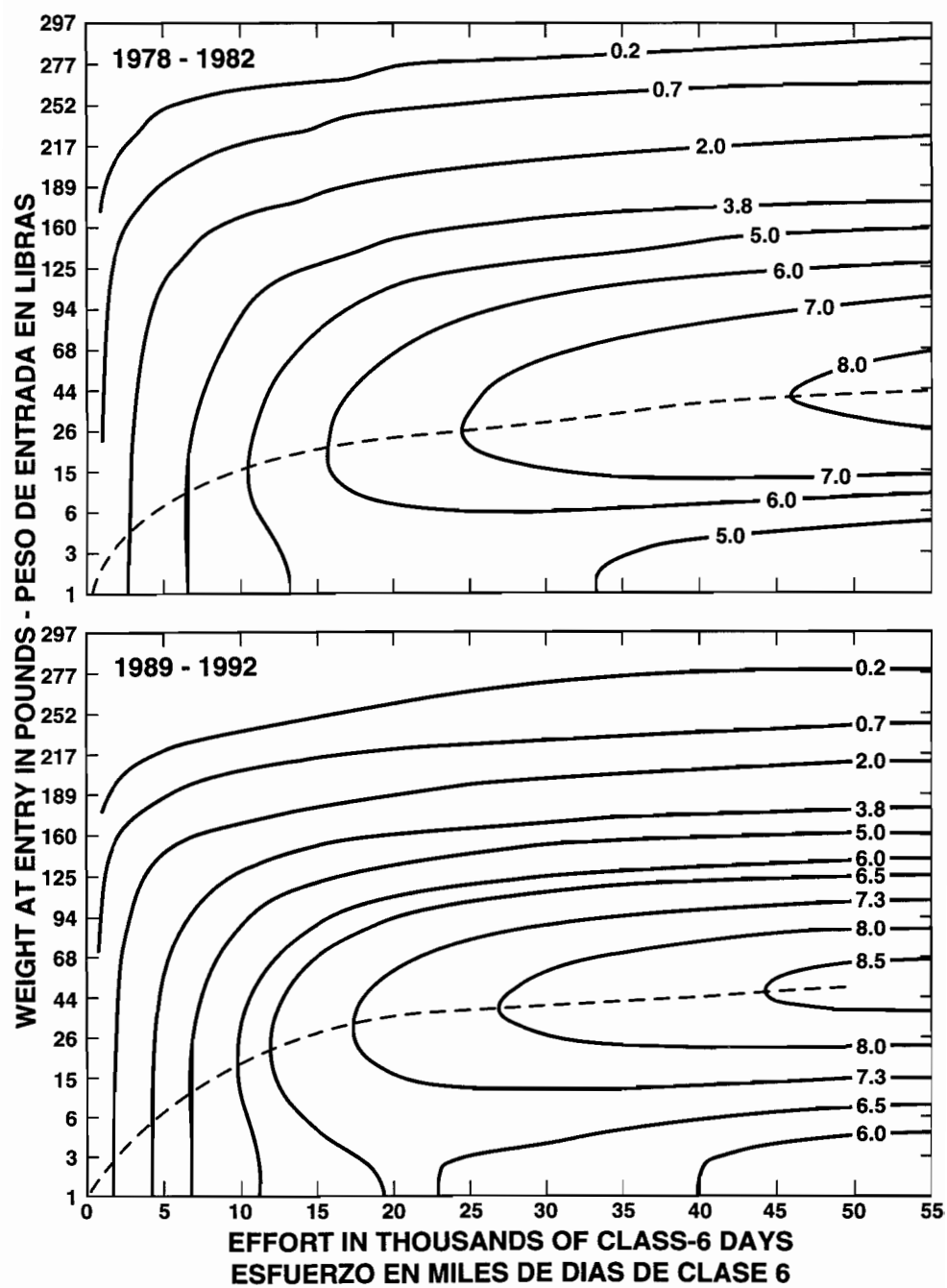
**FIGURA 53.** Capturas estimadas de aleta amarilla de 0 a 6 años de edad entre 1969 y 1992, por grupos X e Y.



**FIGURE 54.** Yields per recruit of yellowfin. The top and middle panels contain data for the 1967 through 1988 cohorts caught during different years (equivalent to Figure 51), whereas the bottom panel contains data for fish of different cohorts caught during 1967 through 1992 (equivalent to Figure 53).

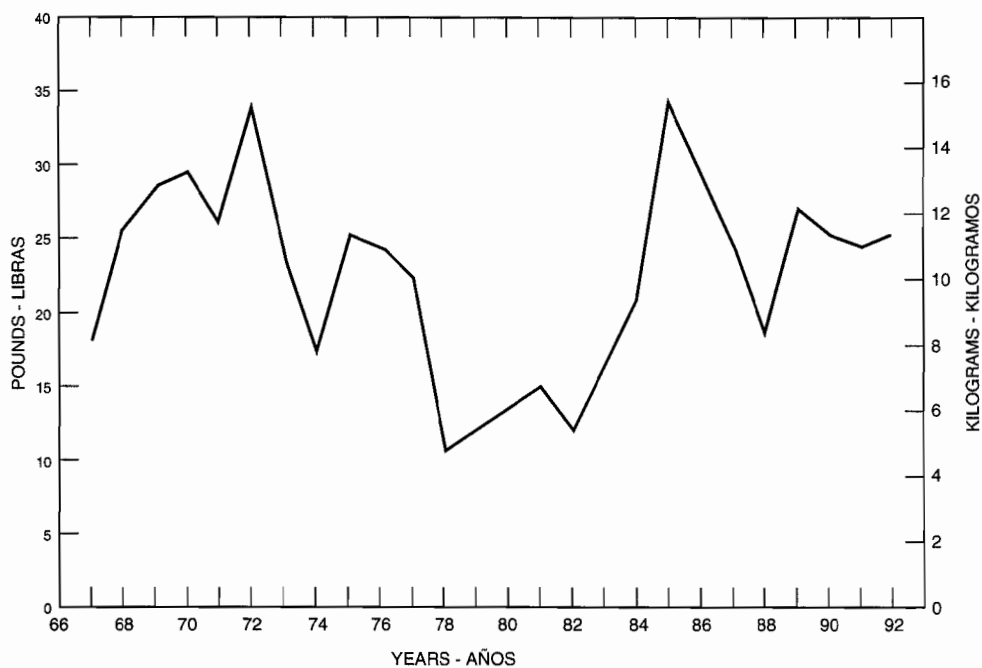
**FIGURA 54.** Rendimientos por recluta del aleta amarilla. Los datos en los dos recuadros superiores corresponden a las cohortes de 1967 a 1988 capturadas en distintos años (equivalente a la Figura 51), mientras que los datos en el recuadro inferior corresponden a peces de distintas cohortes capturados entre 1967 y 1992 (equivalente a la Figura 53).





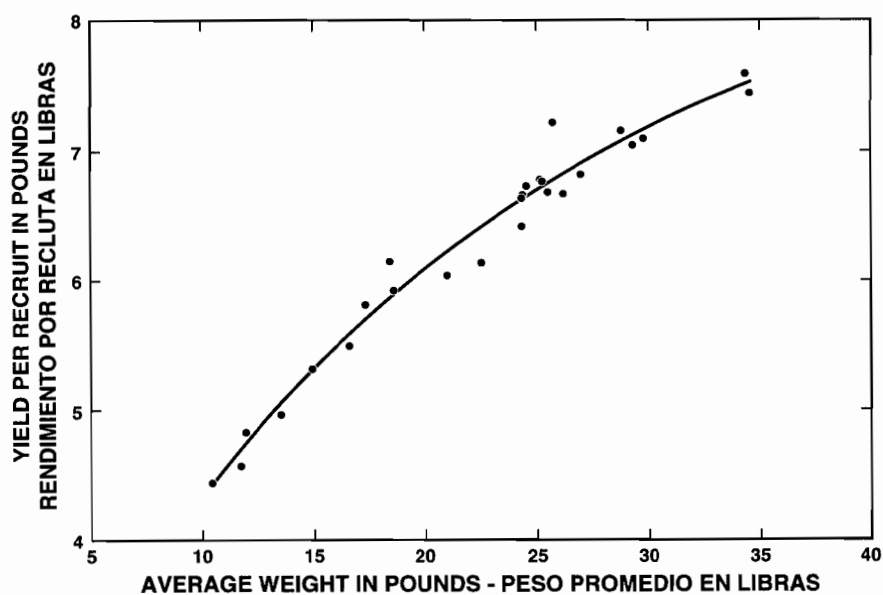
**FIGURE 55.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

**FIGURA 55.** Relación entre talla de ingreso, esfuerzo de pesca, y rendimiento por recluta del aleta amarilla, correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca por edad específica.



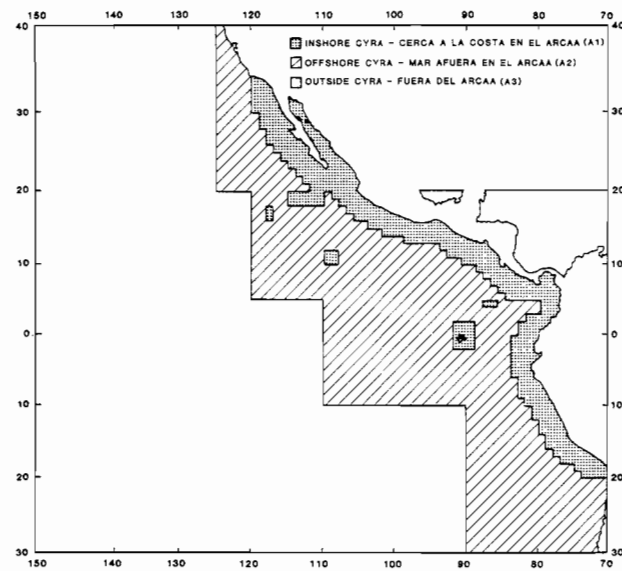
**FIGURE 56.** Average weights of yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 56.** Peso promedio de aletas amarillas capturados en el Océano Pacífico oriental.



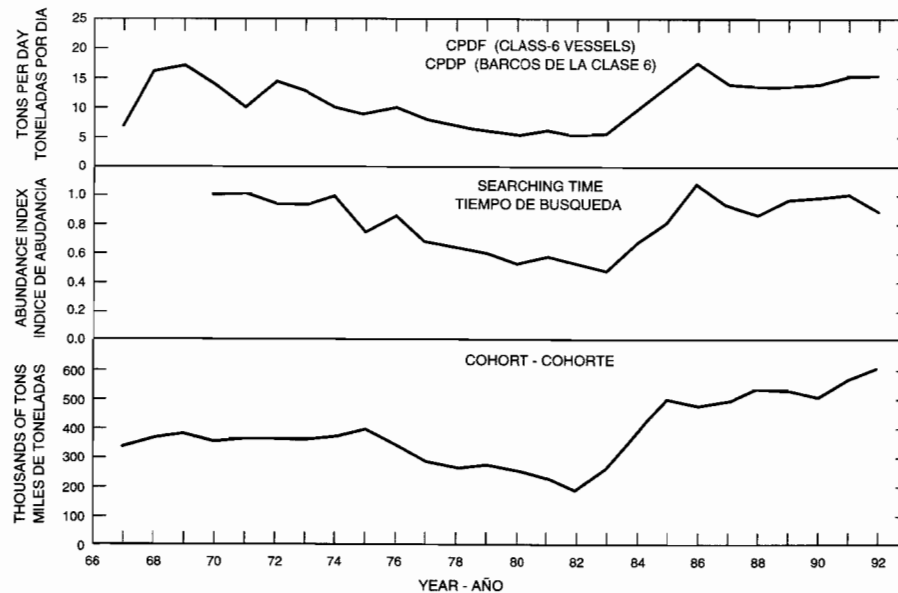
**FIGURE 57.** Relationship between yield per recruit and average weight at capture for yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 57.** Relación entre el rendimiento por recluta y el peso medio de captura del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.



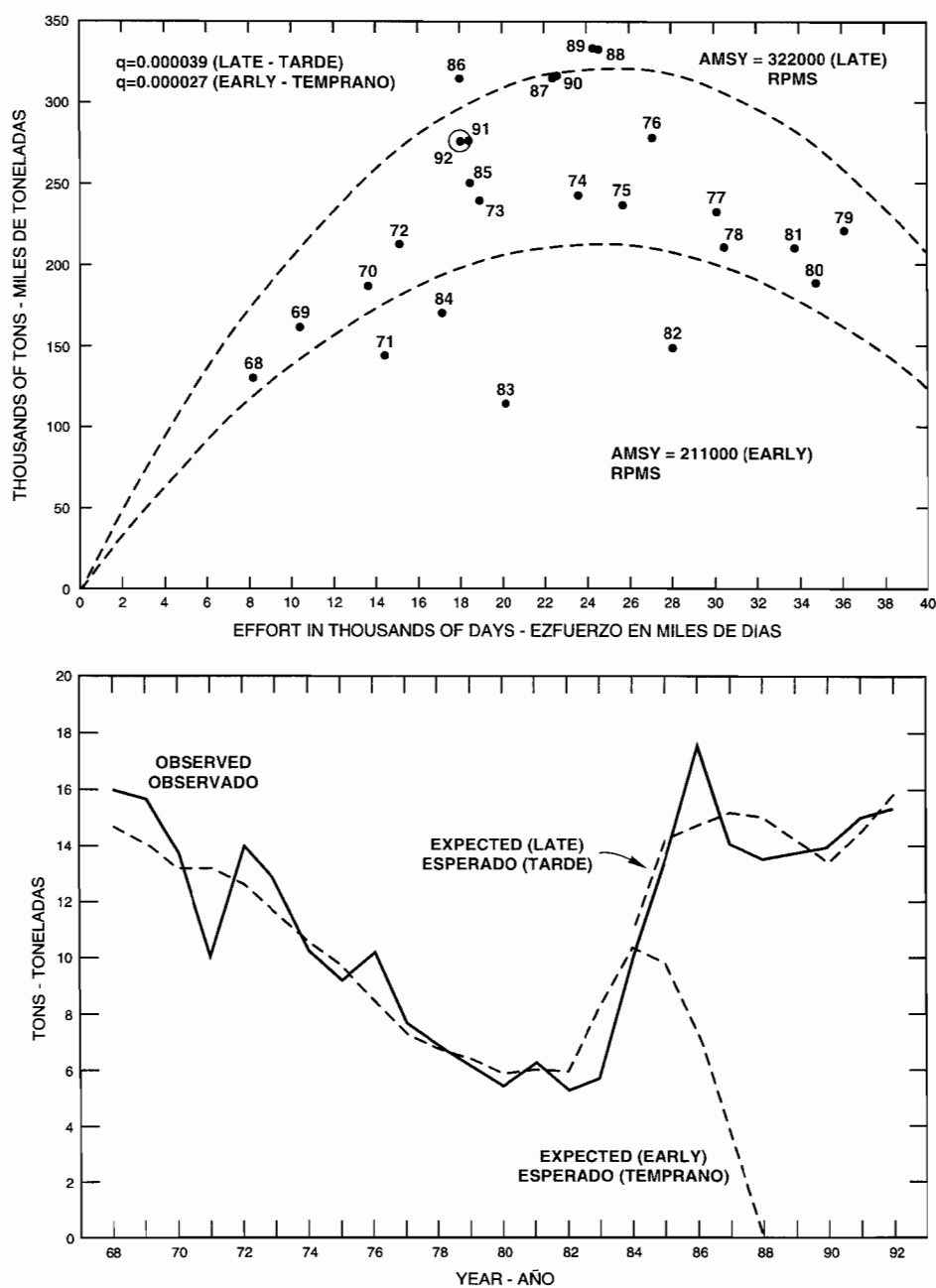
**FIGURE 58.** The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

**FIGURA 58.** El Océano Pacífico oriental. Se indican las áreas históricas de pesca de aleta amarilla (A1), las áreas de pesca más recientes en el ARCAA (A2), y el área fuera del ARCAA (exterior) (A3).



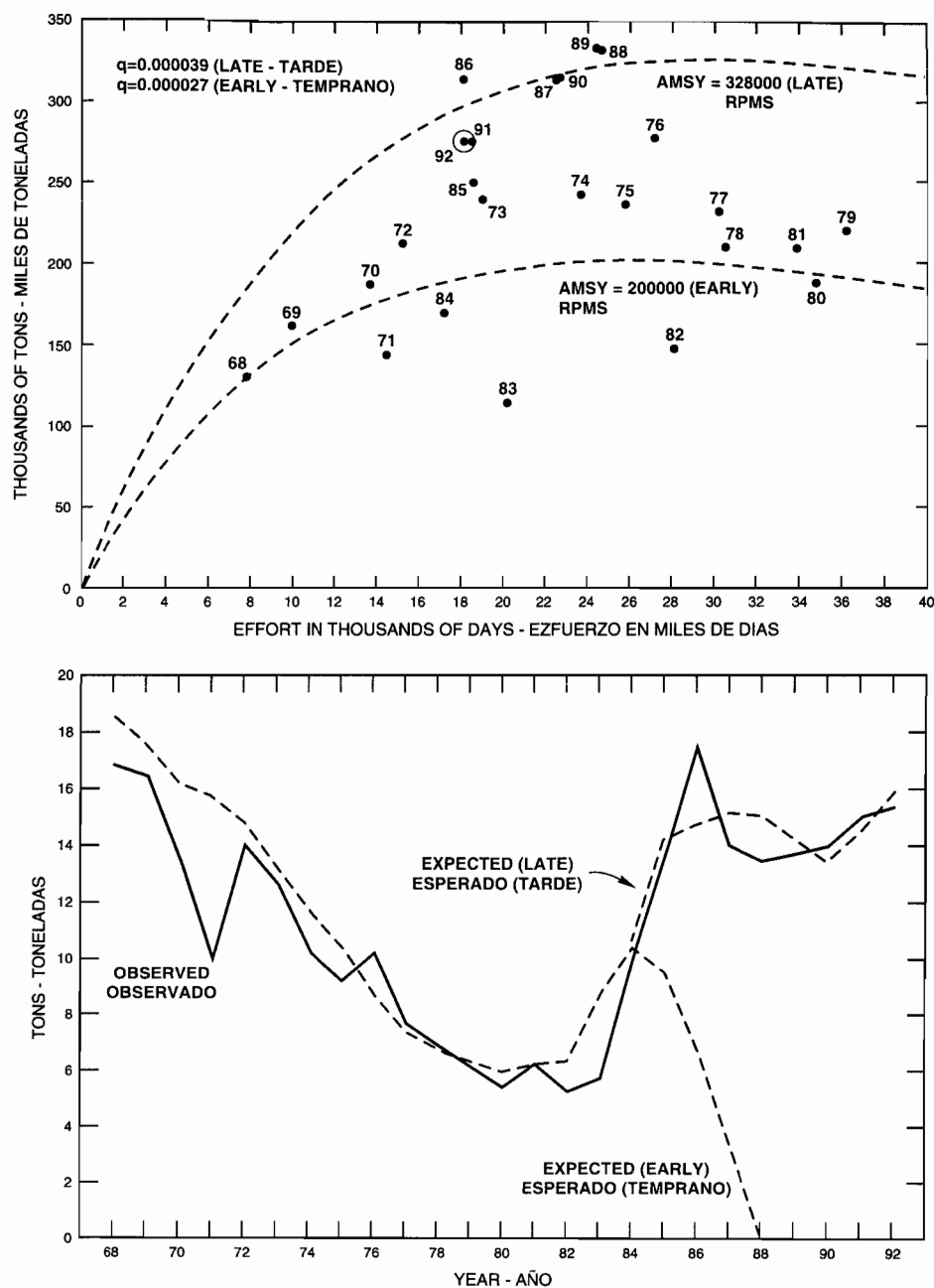
**FIGURE 59.** Three indices of abundance of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 59.** Tres índices de la abundancia del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.



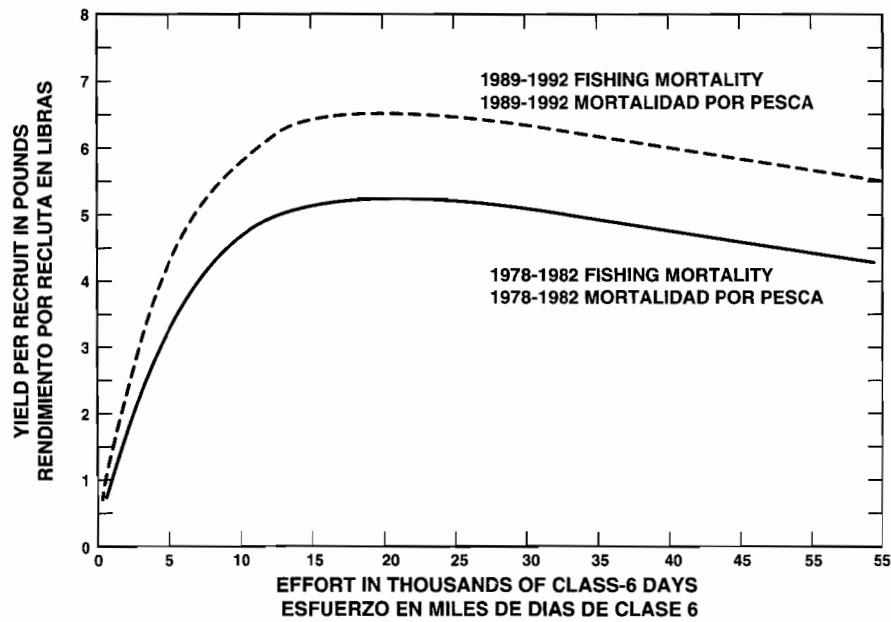
**FIGURE 60.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1992, for the logistic (symmetrical) model with  $m$  set at 2.0 (upper panel), and observed and predicted values of the CPDF (lower panel).

**FIGURA 60.** Relación entre esfuerzo y captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1992, según el modelo logístico (simétrico) con  $m$  fijado en 2.0 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



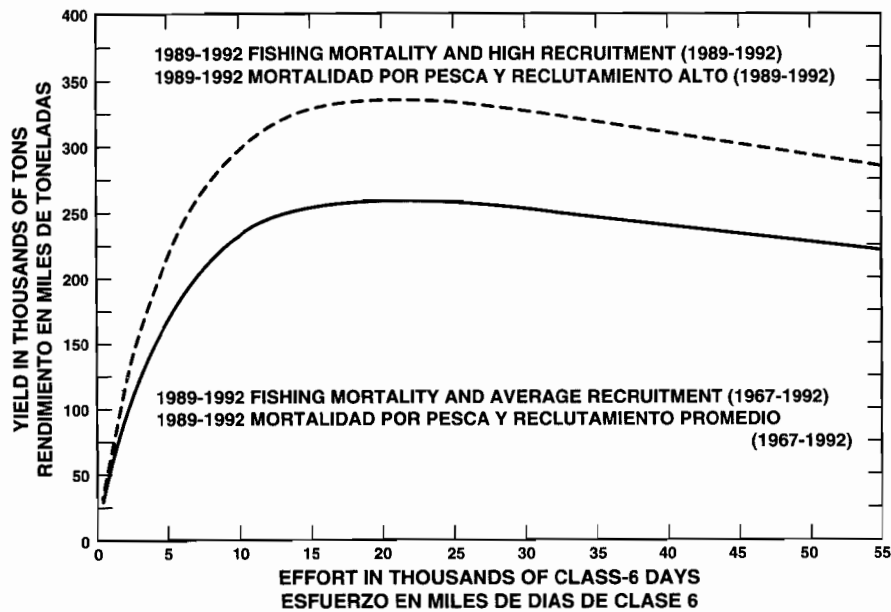
**FIGURE 61.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1992, for the generalized stock production (asymmetrical) model with  $m$  set at 0.8 (upper panel), and observed and predicted values of CPDF (lower panel).

**FIGURA 61.** Relación entre esfuerzo y captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1992, según el modelo generalizado de producción del stock (asimétrico) con  $m$  fijado en 0.8 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



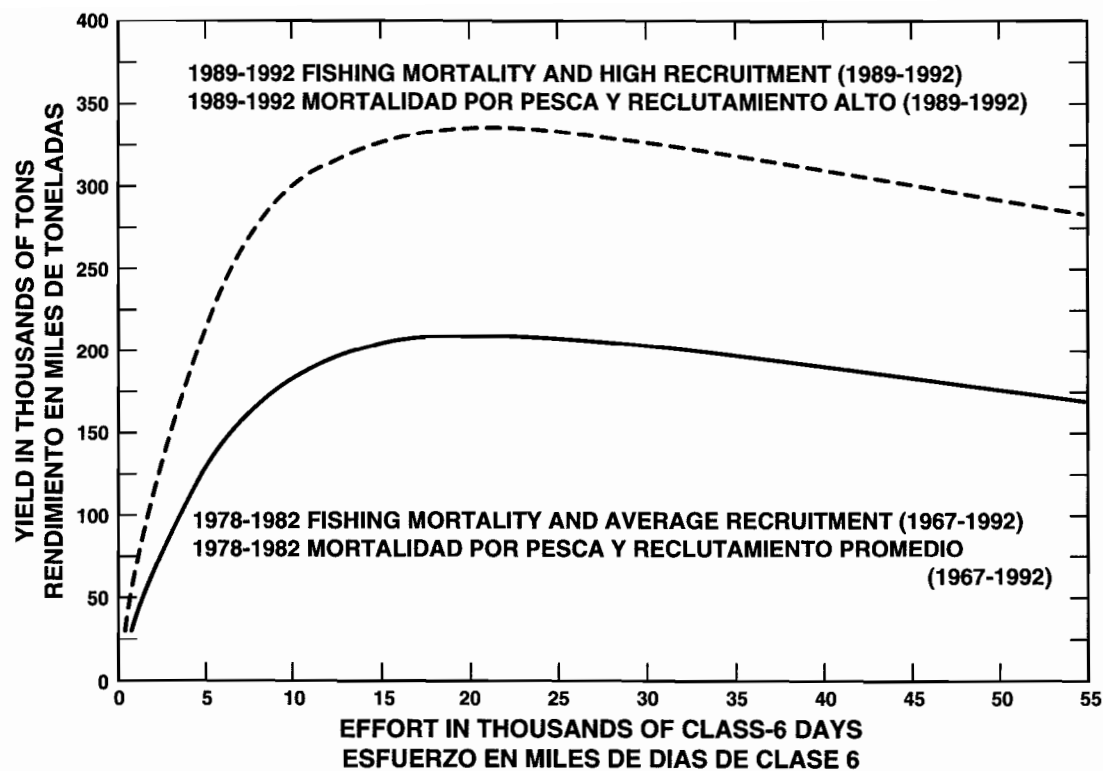
**FIGURE 62.** Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1978-1982 and 1989-1992.

**FIGURA 62.** Rendimientos por recluta correspondientes a las tasas de mortalidad por edad específica de 1978-1982 y 1989-1992.



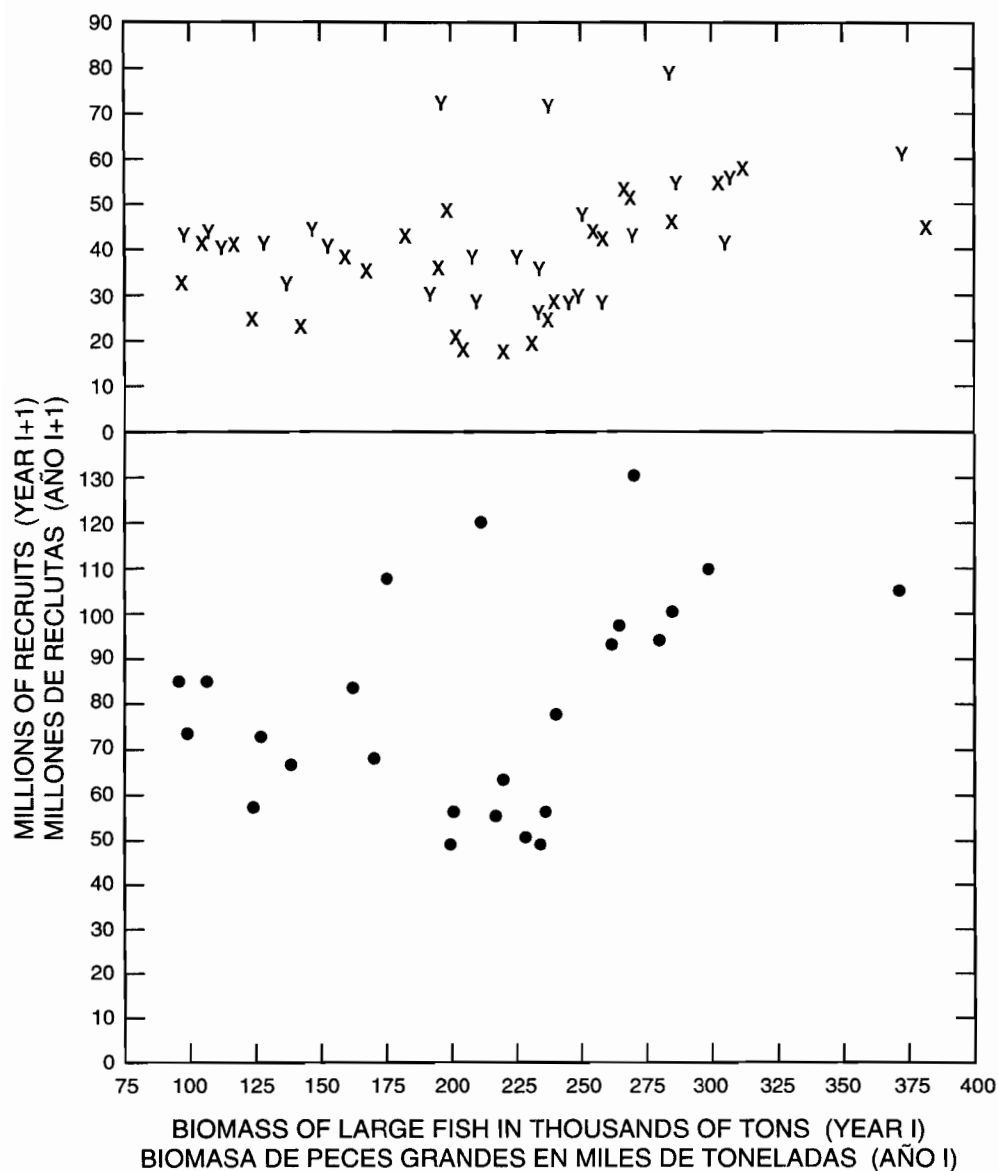
**FIGURE 63.** Yields for high and average recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1989-1992.

**FIGURA 63.** Rendimientos correspondientes a reclutamientos elevados y medios, y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella del período de 1989-1992.



**FIGURE 64.** Yields for average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1989-1992.

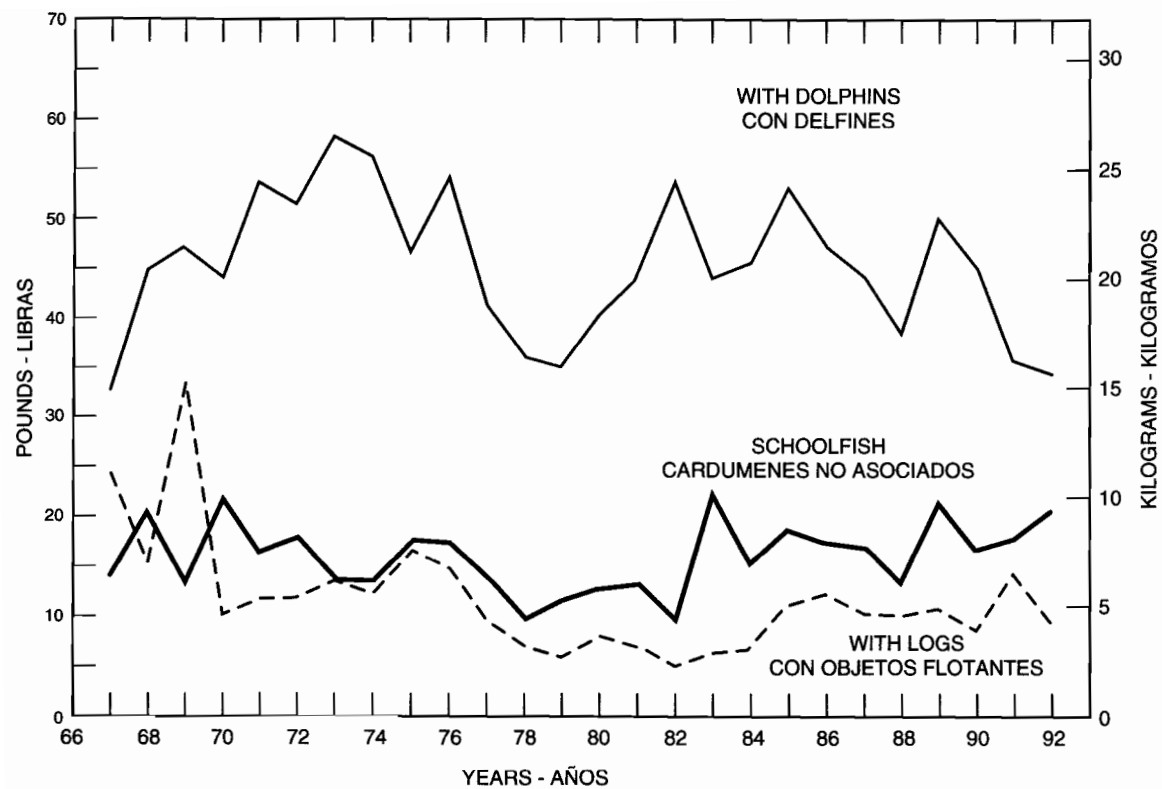
**FIGURA 64.** Rendimientos correspondientes al reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella de 1978-1982, y al reclutamiento elevado y mortalidad por edad específica similar a aquella de 1989-1992.



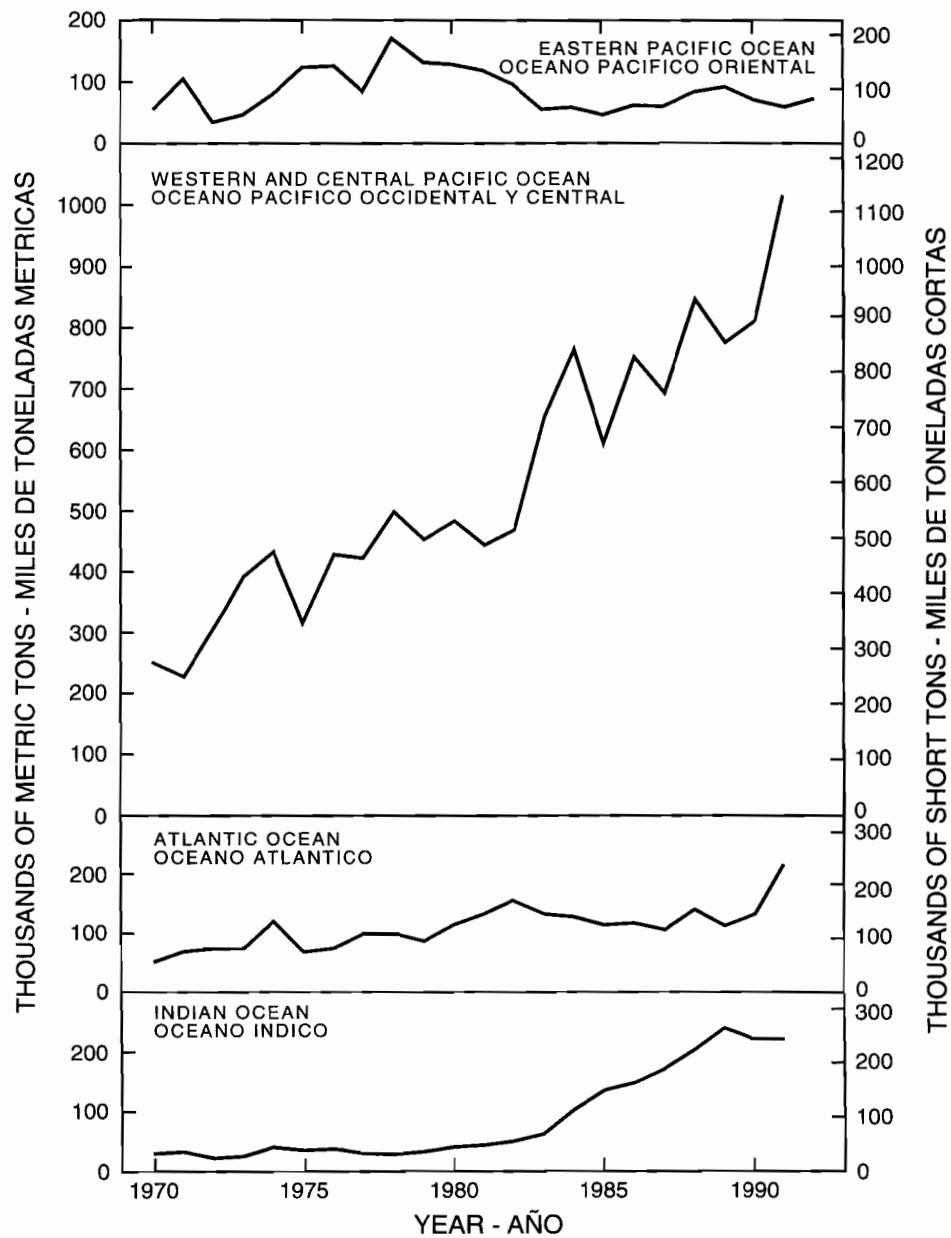
**FIGURE 65.** Relationships between stock and recruitment for yellowfin in the eastern Pacific Ocean for 1967 through 1992. The value for biomass for each dot in the lower panel is the average of an X value and a Y value in the upper panel.

**FIGURA 65.** Relación entre stock y reclutamiento correspondientes al aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental entre 1967 y 1992. El valor de biomasa para cada punto en el recuadro inferior es el promedio de un valor de X y uno de Y en el recuadro superior.



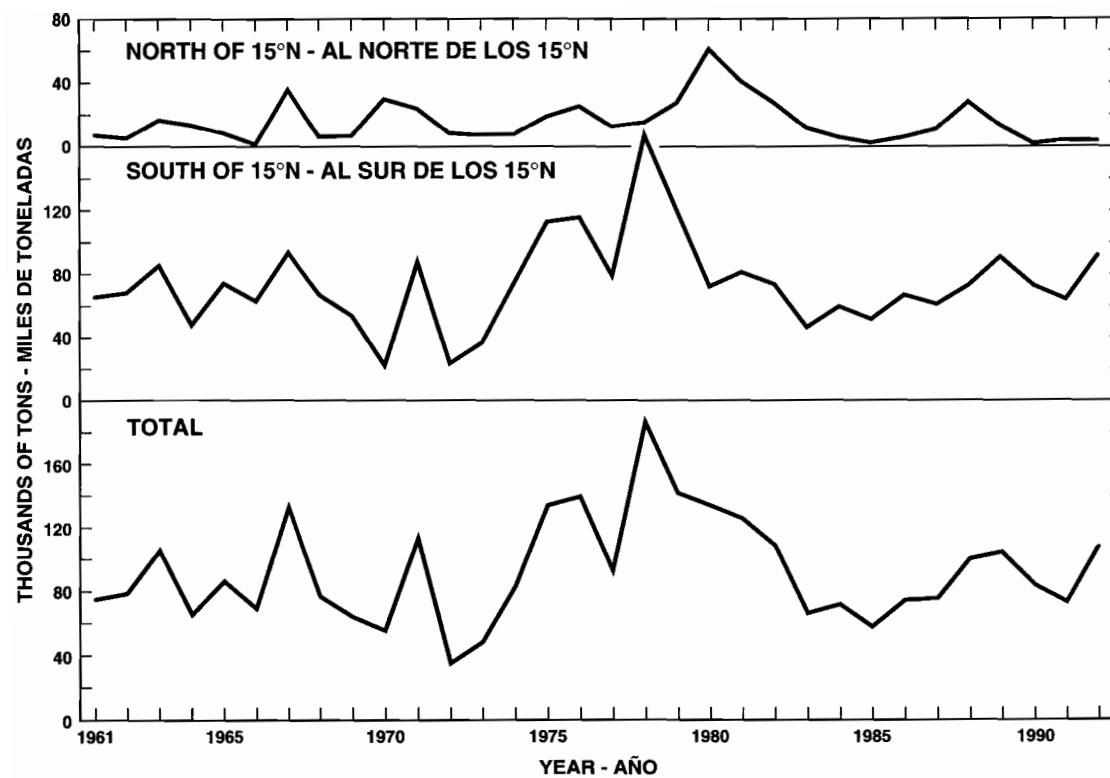


**FIGURE 66.** Average weights of dolphin-associated fish, log-associated fish, and “schoolfish” (fish associated only with other fish).  
**FIGURA 66.** Peso promedio de peces asociados con delfines, con objetos flotantes, y no asociados (asociados solamente con otros peces).

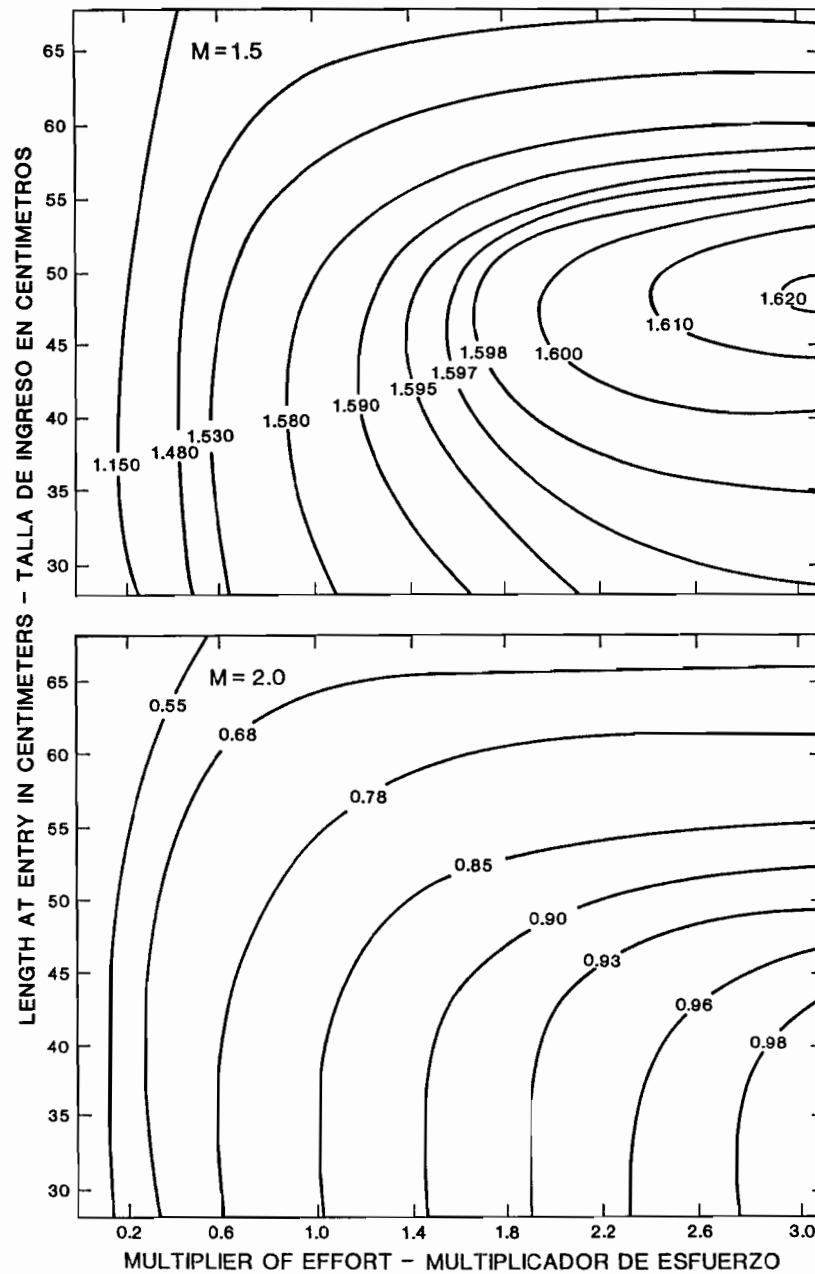


**FIGURE 67.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean.

**FIGURA 67.** Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, Pacífico central y occidental, y Océanos Atlántico e Índico.

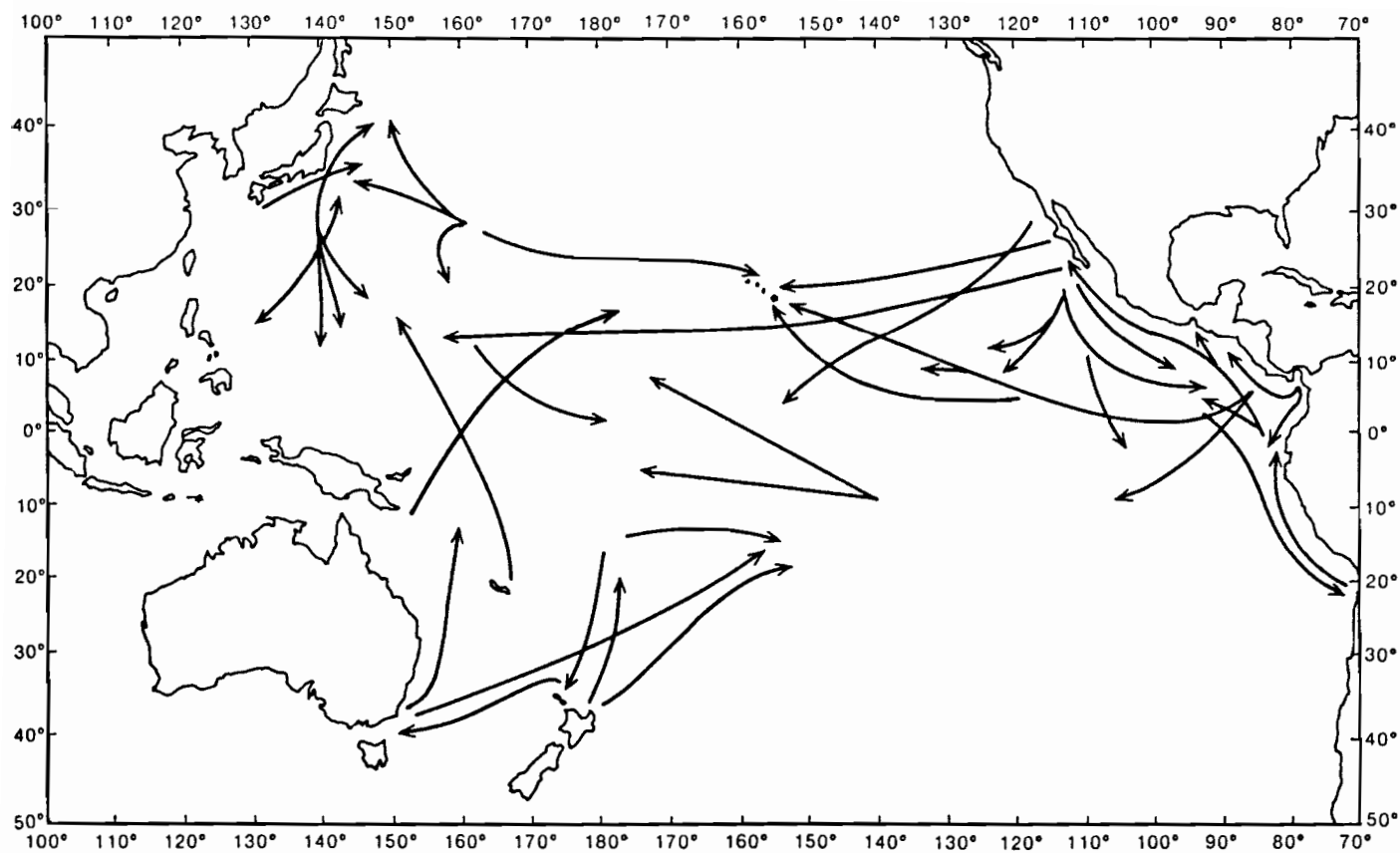


**FIGURE 68.** Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean north and south of 15°N.  
**FIGURA 68.** Capturas estimadas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, al norte y sur de 15°N.



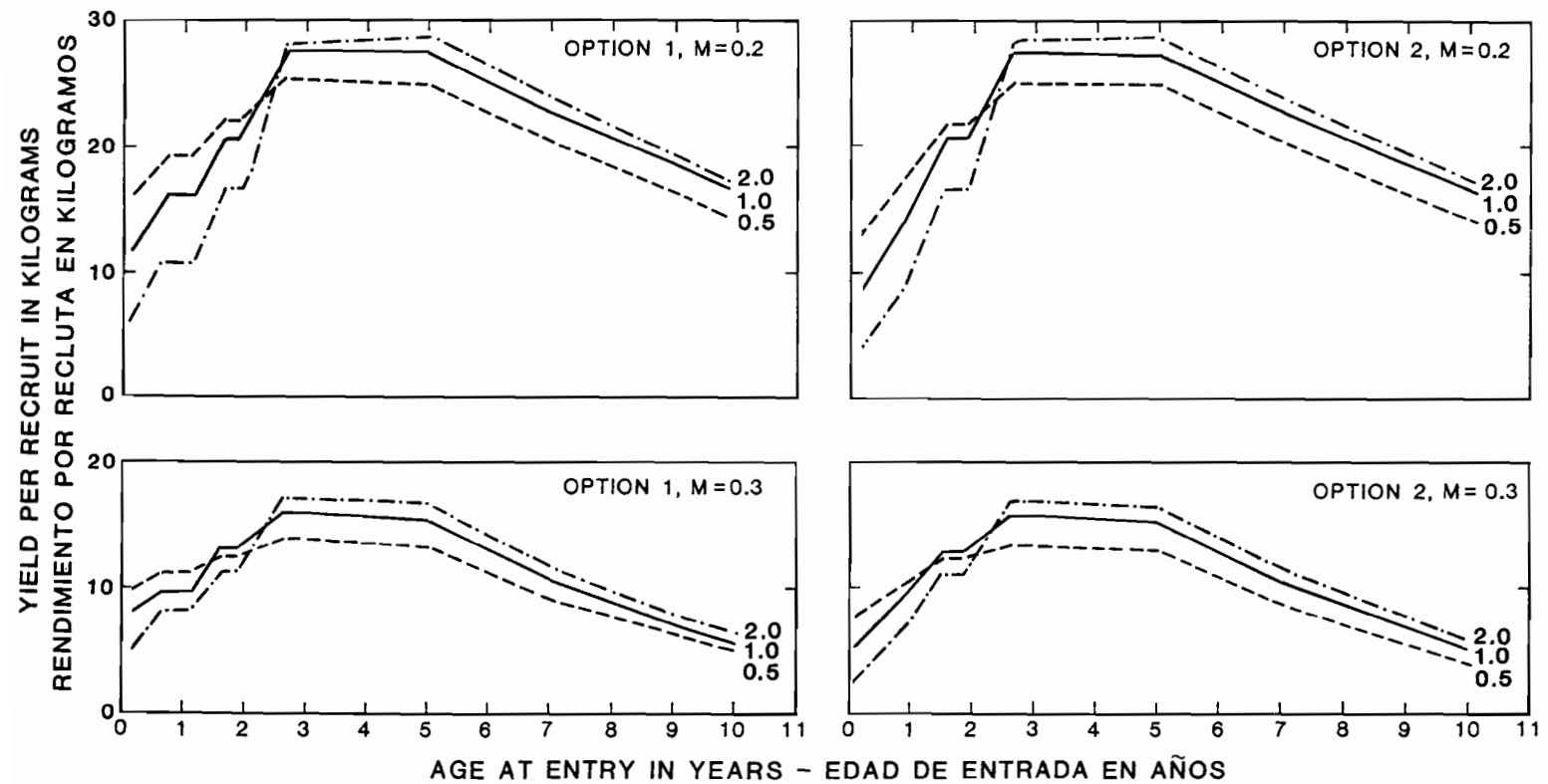
**FIGURE 69.** Yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and length at entry into the fishery.

**FIGURA 69.** Rendimientos por recluta del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y talla de ingreso a la pesquería.



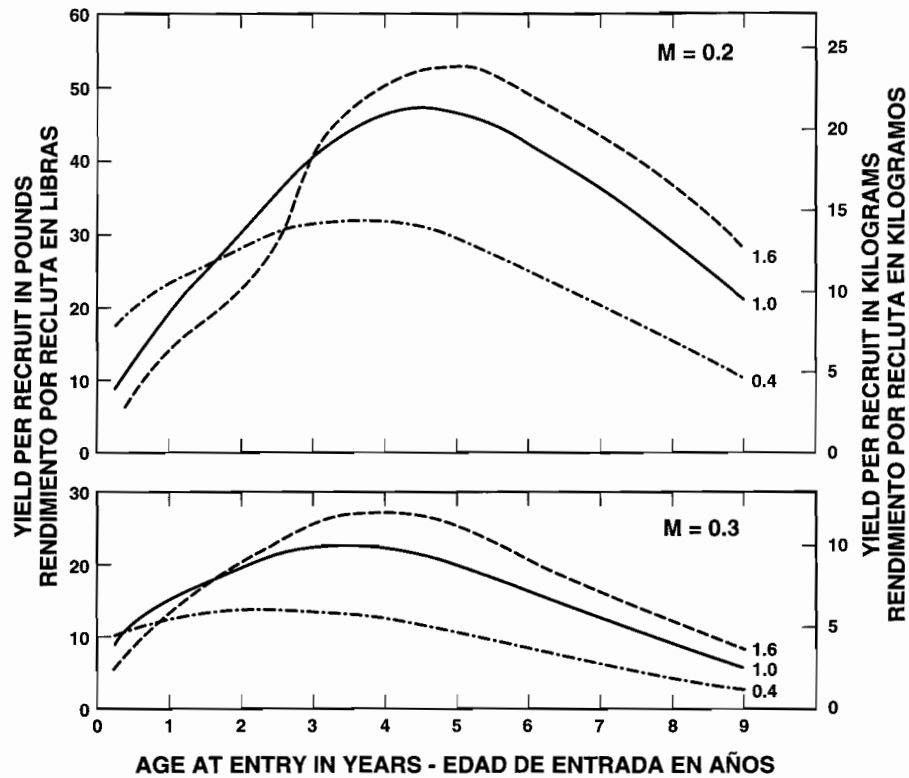
**FIGURE 70.** Some long-distance movements which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

**FIGURA 70.** Algunas migraciones a larga distancia registradas para barriletes marcados en el Océano Pacífico.



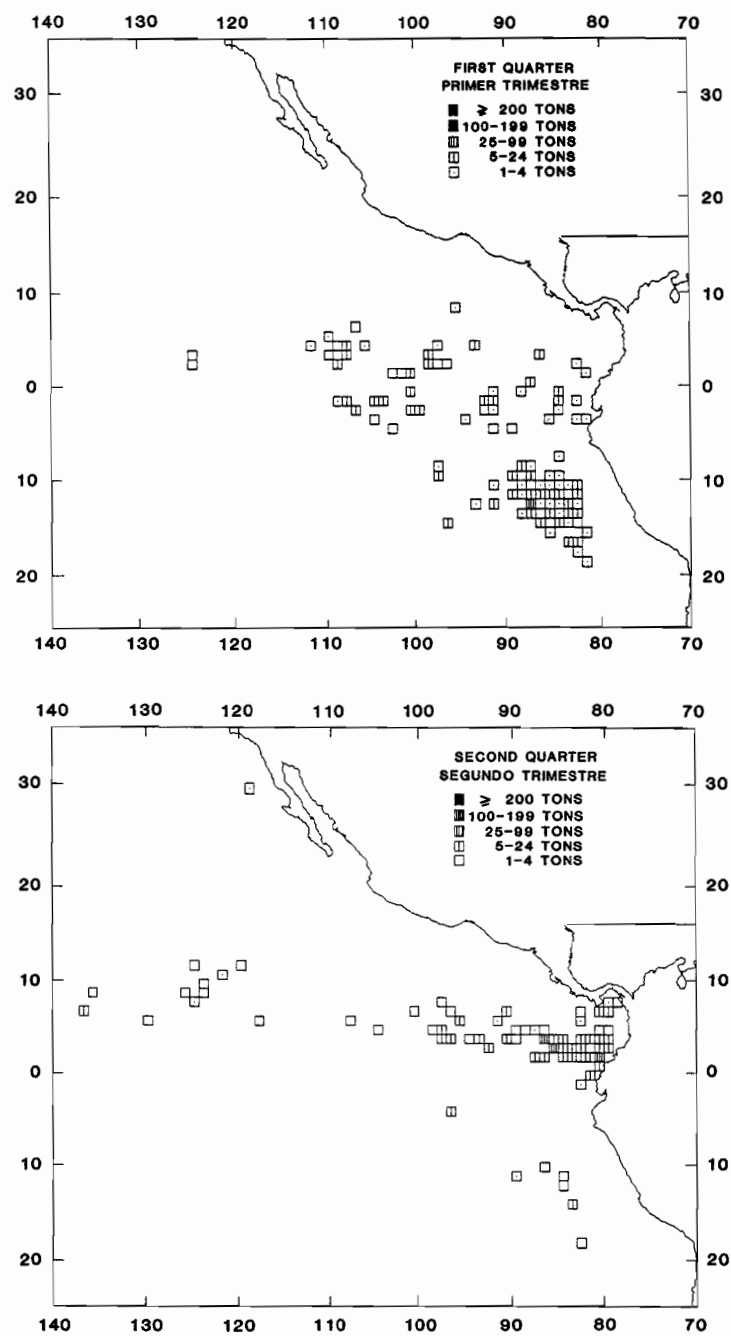
**FIGURE 71.** Yield-per-recruit curves for northern bluefin, based on the data in Table 32. The values, 0.5, 1.0, and 2.0, represent multipliers of the vectors of fishing mortality shown in Table 31. The horizontal portions of the curves are caused by the lack of fishing effort during these periods.

**FIGURA 71.** Curvas de rendimiento por recluta correspondientes al aleta azul del norte, basadas en los datos de la Tabla 32. Los valores de 0.5, 1.0, y 2.0 representan multiplicadores de los vectores de mortalidad por pesca presentados en la Tabla 31. Las porciones horizontales de las curvas resultan de la falta de esfuerzo de pesca en esos periodos.



**FIGURE 72.** Yield-per-recruit curves for northern bluefin, based on cohort analyses. The values, 0.4, 1.0, and 1.6, represent multipliers of the fishing mortality rates obtained from the cohort analyses.

**FIGURA 72.** Curvas de rendimiento por recluta correspondientes al aleta azul del norte, basadas en los análisis de cohortes. Los valores de 0.4, 1.0, y 1.6 representan multiplicadores de las tasas de mortalidad por pesca obtenidos de los análisis de cohortes.



**FIGURE 73.** Quarterly distributions of average catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean for the 1981-1987 period.

**FIGURA 73.** Distribución trimestral de las capturas medias de patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental durante 1981-1987.



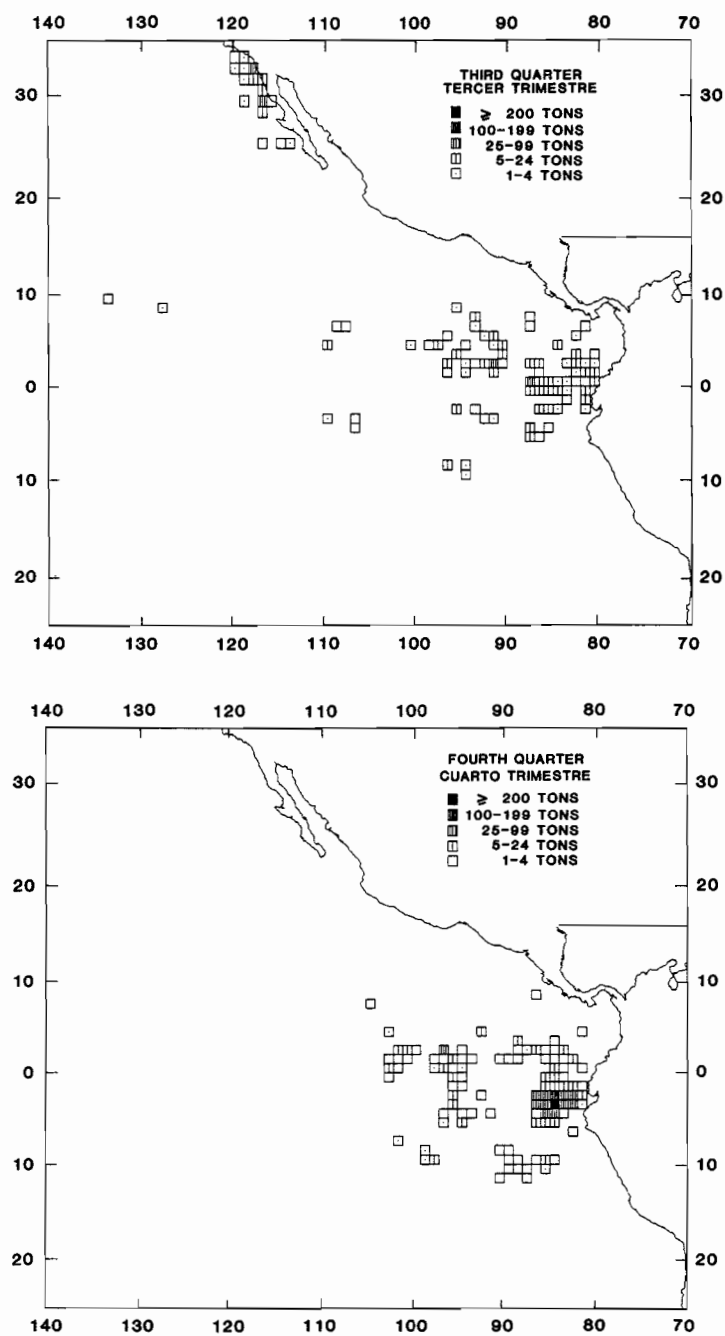
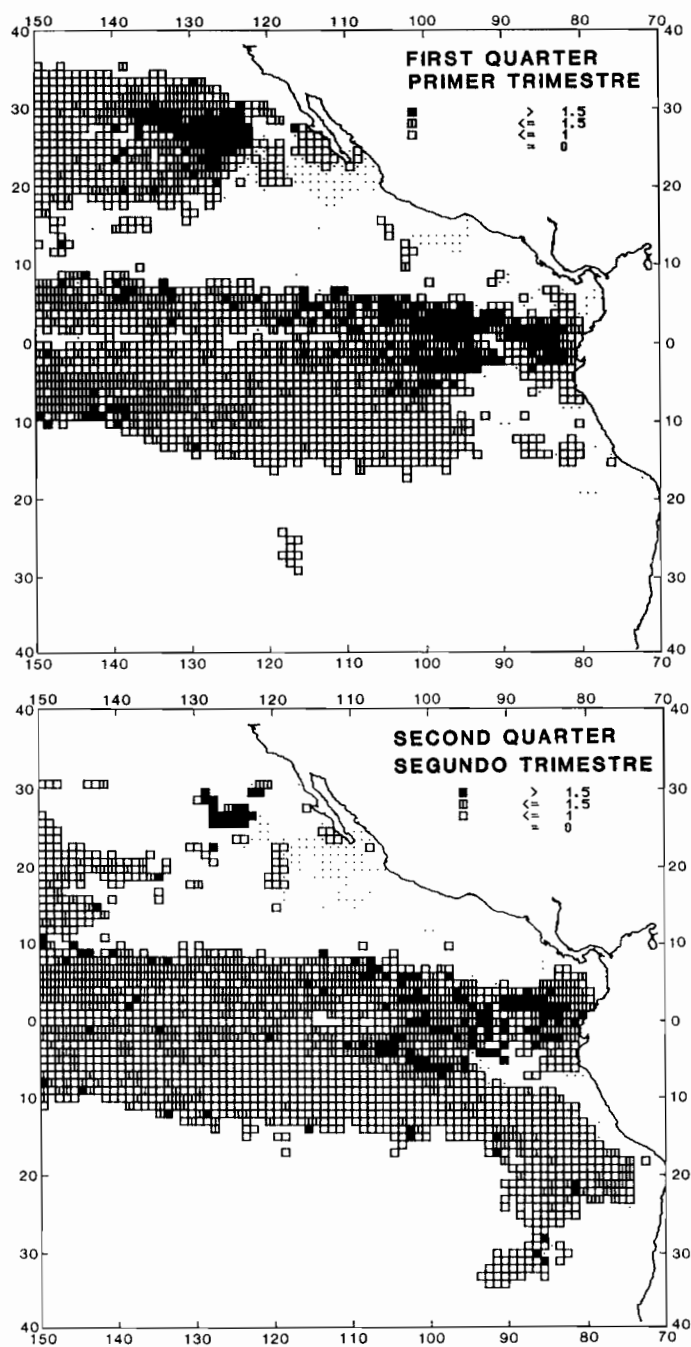


FIGURE 73. (continued)

FIGURA 73. (continuación)



**FIGURE 74.** Quarterly distributions of the average CPUEs of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific Ocean for the 1981-1987 period.

**FIGURA 74.** Distribución trimestral de las CPUE medias de patudo por barcos palangreros en el Océano Pacífico oriental en el período de 1981-1987.

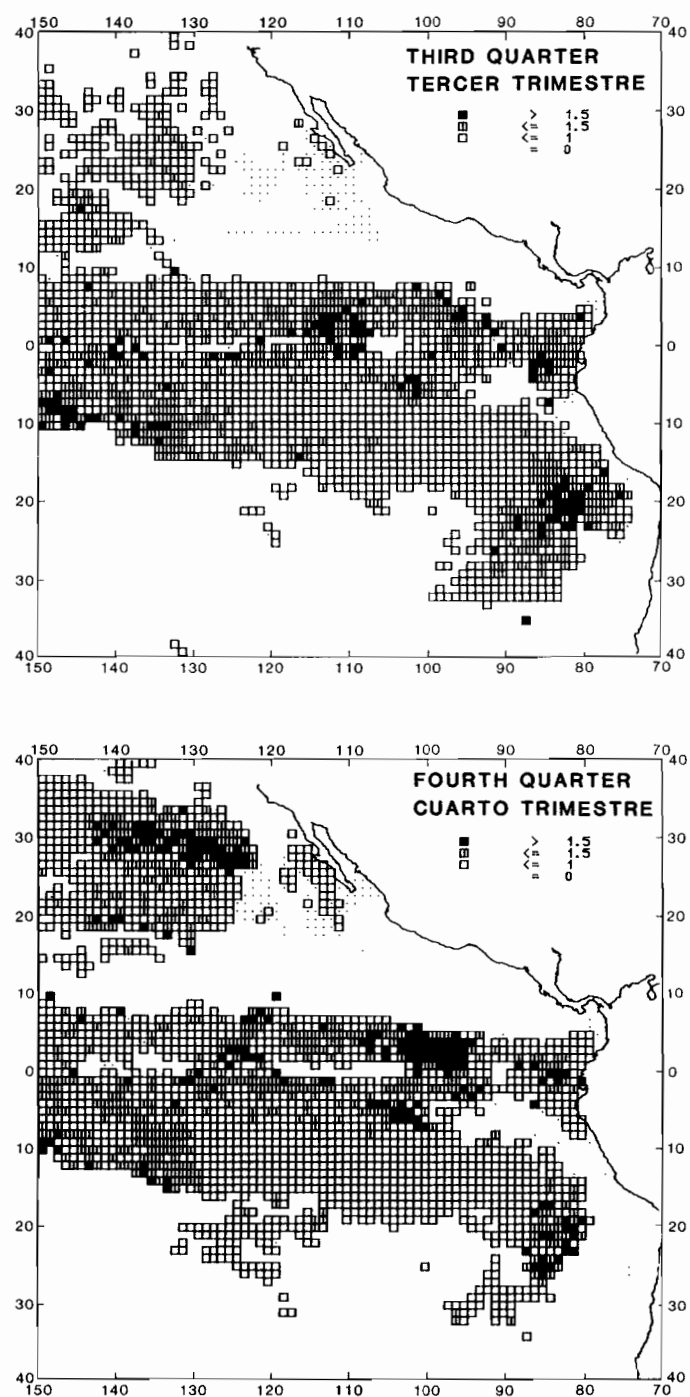
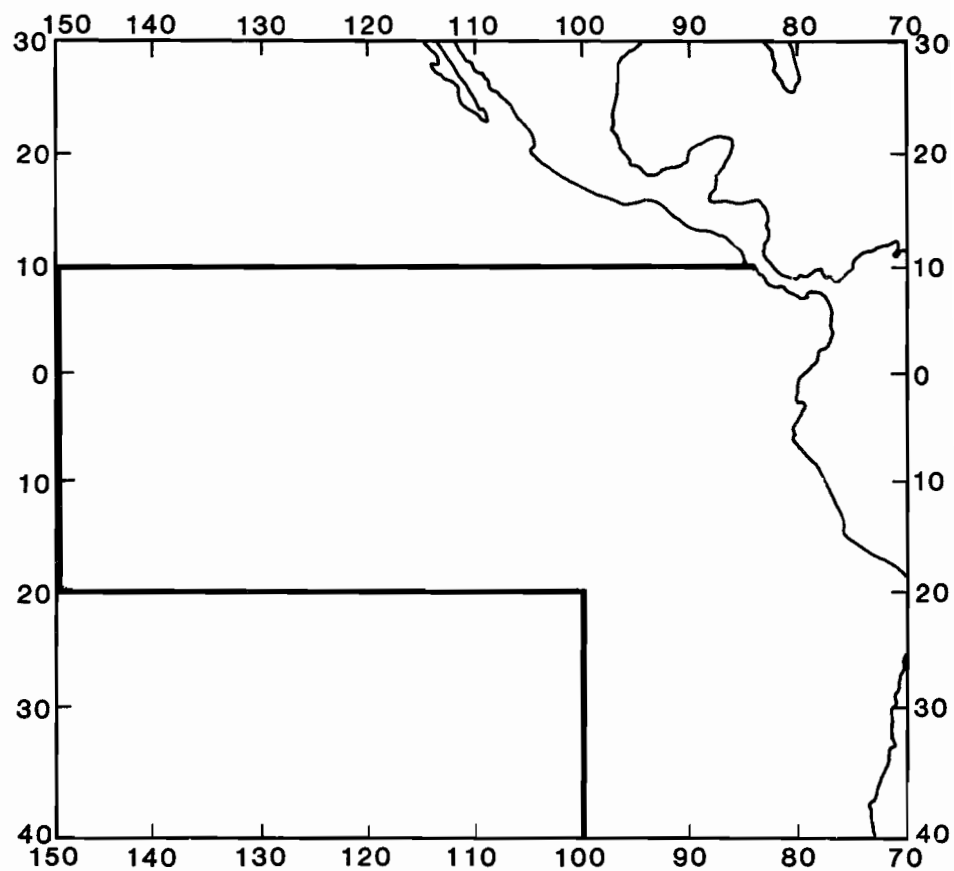


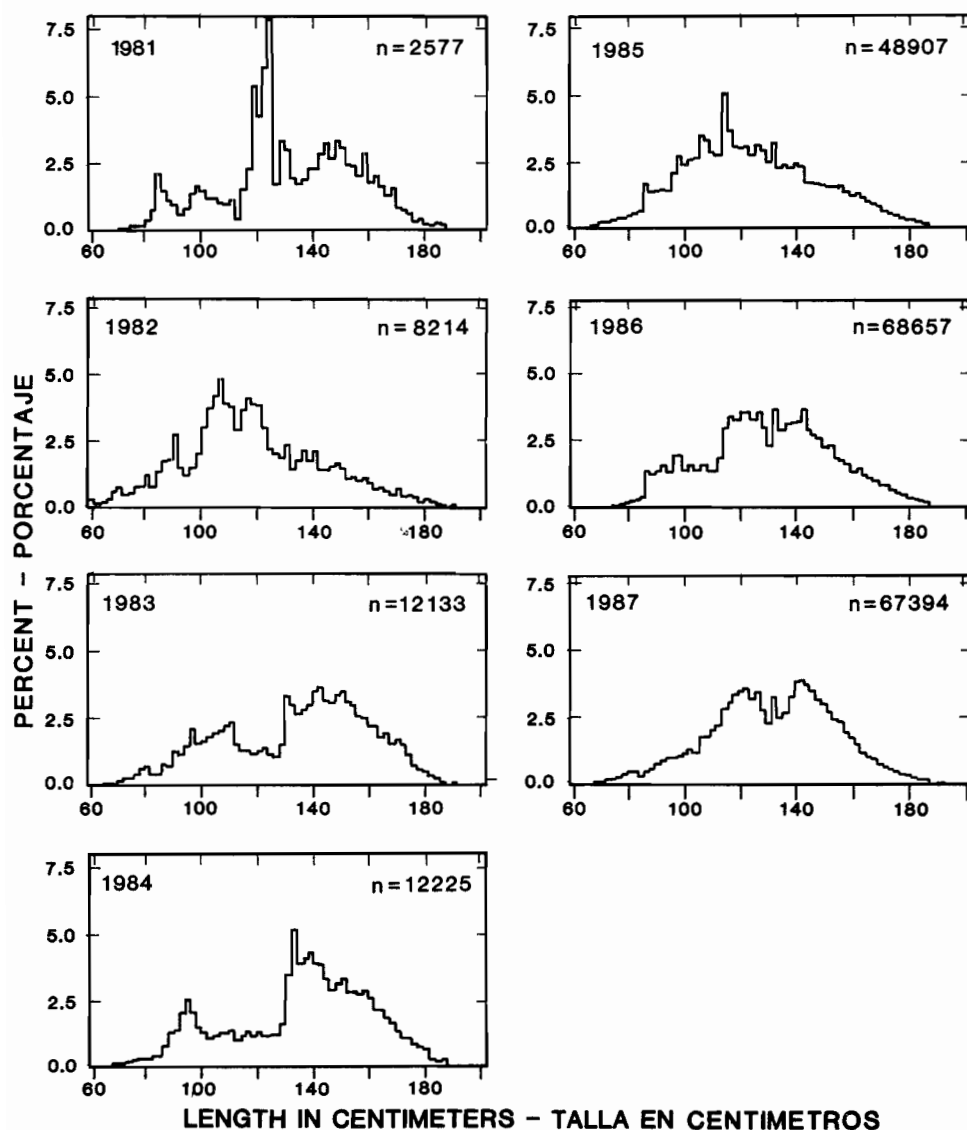
FIGURE 74. (continued)

FIGURA 74. (continuación)



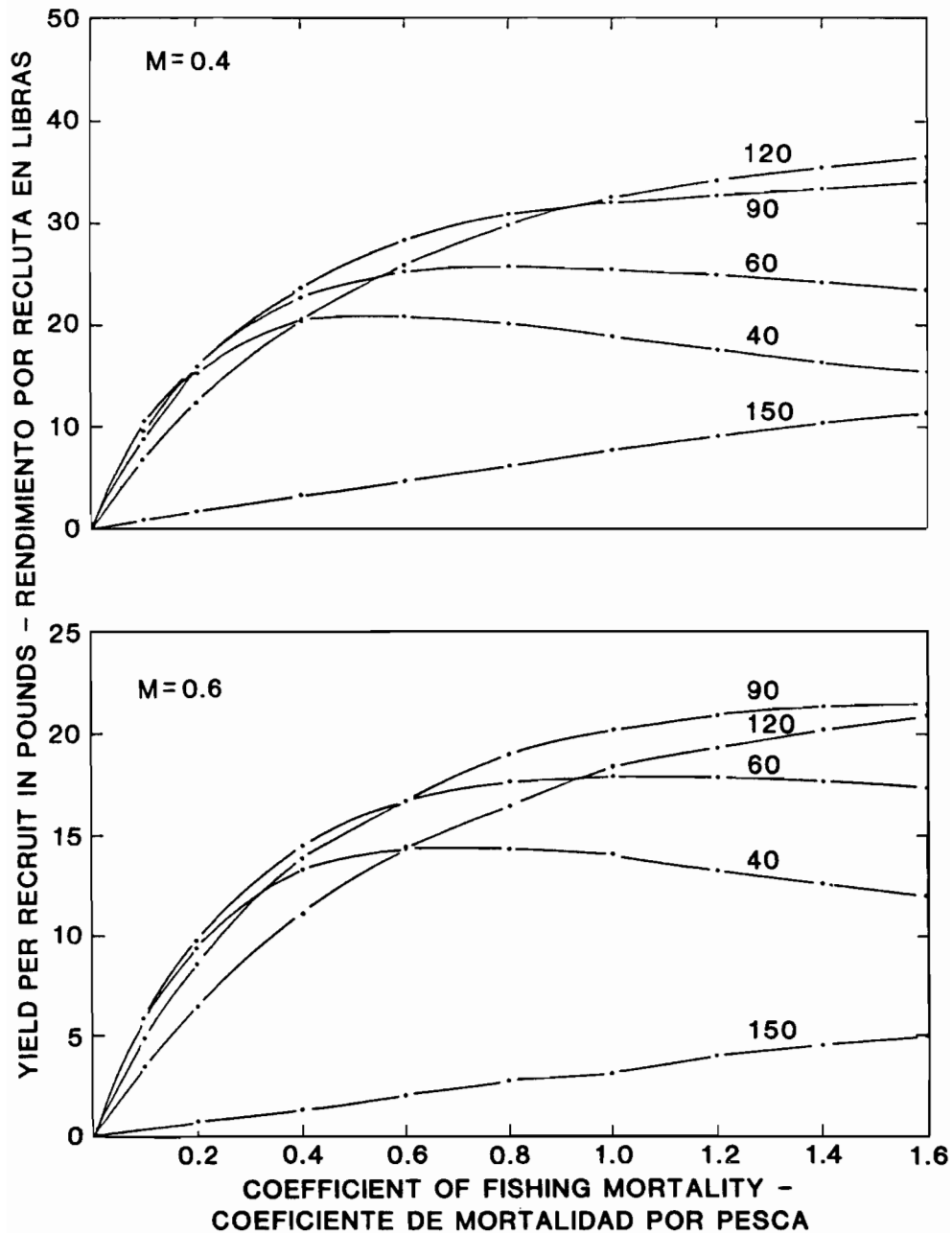
**FIGURE 75.** Area from which the data used for Figures 76 and 78 were collected.

**FIGURA 75.** Area en la que se tomaron los datos usados en las Figuras 76 y 78.



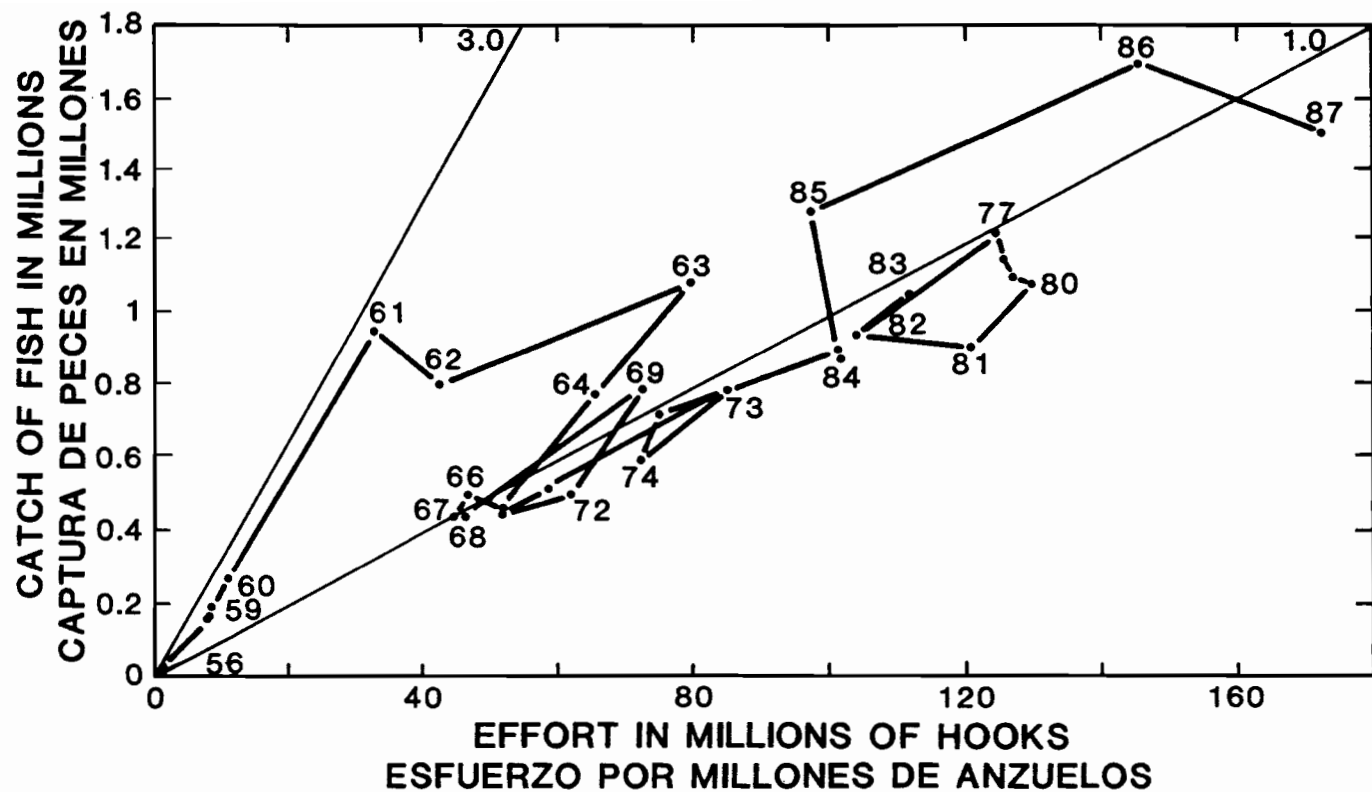
**FIGURE 76.** Annual length-frequency distributions of bigeye caught by longliners in the area delineated in Figure 75 during 1981-1987.

**FIGURA 76.** Distribuciones anuales de frecuencia de talla de patudo capturado con palangre durante 1981-1987 en el área delineada en la Figura 75.



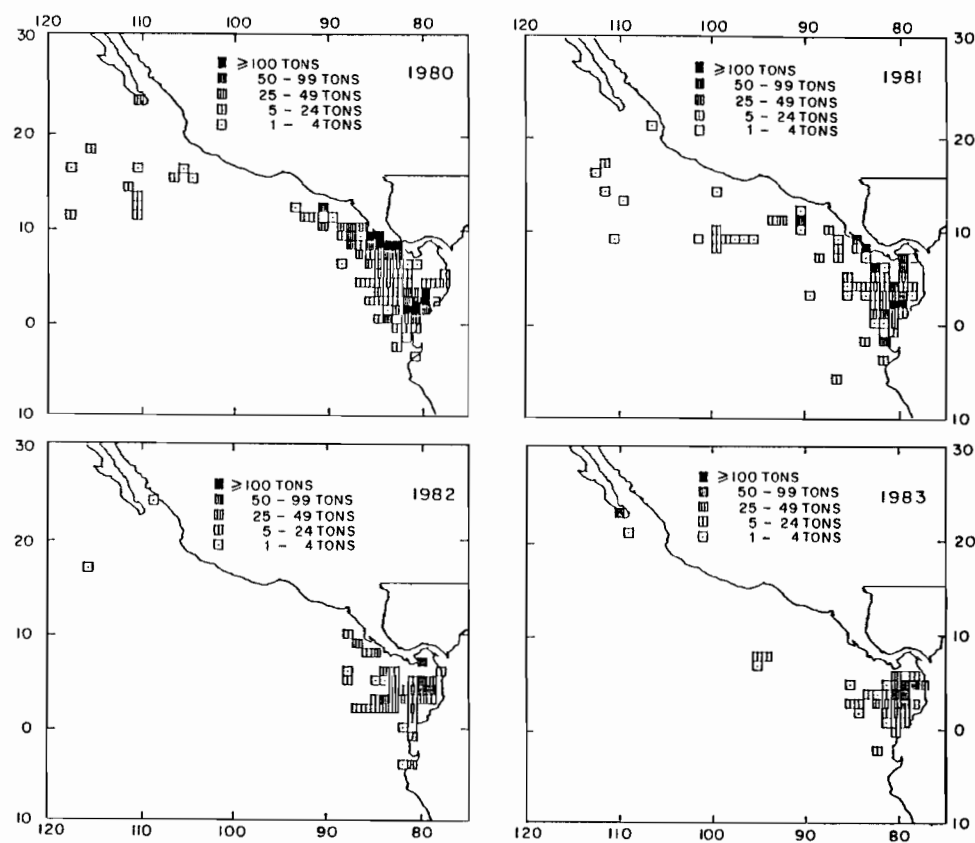
**FIGURE 77.** Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing mortality and lengths at entry for annual natural mortality rates of 0.4 and 0.6.

**FIGURA 77.** Estimación del rendimiento por recluta del patudo con distintas combinaciones de mortalidad por pesca y talla de ingreso correspondientes a tasas anuales de mortalidad natural de 0.4 y 0.6.



**FIGURE 78.** Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 75 for the 1954-1987 period. The fine lines denote CPUEs in numbers of fish per 100 hooks.

**FIGURA 78.** Relación entre el esfuerzo y la captura palangrera estimada de patudo en el área delineada en la Figura 75 durante el período de 1954-1987. Las líneas finas denotan la CPUE en número de peces por 100 anzuelos.



**FIGURE 79.** Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980-1983.

**FIGURA 79.** Capturas cerqueras de barrilete negro registradas en el Océano Pacífico oriental en 1980-1983.



**TABLE 1.** Estimated catches, in short tons, by the EPO tuna fleet. The abbreviations used in the table are as follows: YF T, yellowfin; SKJ, skipjack; BET, bigeye; BFT, bluefin; BEP, bonito; ALB, albacore; BKJ, black skipjack; MISC, other species including sharks, other tunas, and miscellaneous fishes; CYRA, Commission's Yellowfin Regulatory Area; outside, area between the CYR A and 150°W. The 1992 data are preliminary. Additional information concerning this table is given in the text.

**TABLA 1.** Capturas estimadas, en toneladas cortas, logradas por la flota atunera del OPO. En la tabla se usan las siguientes abreviaturas: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete; BET: patudo; BFT: aleta azul; BEP: bonito; ALB: albacora; BKJ: barrilet e negro; MISC: otras especies, incluyendo tiburones, otros túnidos, y peces diversos; ARCAA: Area de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla; exterior: área entre el ARCAA y 150°W. Los datos de 1992 son preliminares. En el texto se ofrece mayor información sobre esta tabla.

Year Año	CYRA ARCAA	Outside Exterior	Pacific Ocean east of 150°W Océano Pacífico al este de 150°W								Total
	YFT	YFT	YFT	SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BKJ	MISC	
1961	115,682	0	115,682	75,468	235	8,968	3,205	2,670	0	236	206,464
1962	87,158	0	87,158	78,256	362	12,421	3,576	1,292	0	193	183,258
1963	72,136	0	72,136	105,333	83	13,527	3,442	3,773	0	265	198,559
1964	101,390	0	101,390	65,322	75	10,161	7,387	3,672	5	248	188,260
1965	90,167	0	90,167	86,194	130	7,592	4,464	710	18	171	189,446
1966	91,513	0	91,513	66,669	294	17,523	4,911	2,140	10	465	183,525
1967	90,116	0	90,116	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	246,772
1968	114,500	1,207	115,707	78,385	2,821	6,587	8,772	4,955	0	138	217,365
1969	126,898	19,217	146,115	65,109	635	7,635	3,252	3,246	0	1	225,993
1970	142,425	30,680	173,105	61,752	1,469	4,372	5,223	4,935	0	29	250,885
1971	113,886	22,758	136,644	115,432	2,830	9,215	10,581	2,745	6	67	277,520
1972	152,897	44,768	197,665	36,826	2,468	14,714	9,781	5,326	662	404	267,846
1973	177,985	49,506	227,494	48,450	2,181	11,845	8,670	2,553	1,845	391	303,429
1974	191,606	40,988	232,594	86,862	980	6,192	4,888	5,272	4,125	1,087	342,000
1975	176,044	47,729	223,773	136,540	4,104	10,563	18,561	3,672	564	305	398,082
1976	210,468	50,829	261,297	139,070	11,229	11,735	4,815	4,115	1,681	1,463	435,405
1977	202,409	17,792	220,201	95,169	7,777	6,033	12,428	2,163	1,608	2,148	347,527
1978	183,995	16,037	200,032	187,185	12,911	5,948	5,332	1,923	2,383	888	416,602
1979	194,973	15,177	210,150	145,531	8,302	6,744	1,988	361	1,509	1,375	375,960
1980	146,480	29,638	176,118	143,761	16,998	3,239	6,736	661	4,057	1,050	352,620
1981	174,691	26,545	201,236	131,846	11,124	1,201	6,523	830	2,108	1,113	355,981
1982	118,722	20,079	138,801	108,782	4,524	3,472	2,339	610	1,475	862	260,865
1983	91,397	13,482	104,879	64,049	3,594	940	4,221	503	1,363	1,885	181,434
1984	142,325	18,186	160,511	66,746	6,453	972	3,873	5,899	734	1,087	246,275
1985	216,235	24,075	240,310	54,456	4,996	4,469	3,973	955	328	590	310,077
1986	252,951	42,688	295,639	70,005	2,182	5,604	540	198	656	1,256	376,080
1987	274,911	26,616	301,527	68,608	850	1,097	3,417	54	948	1,829	378,330
1988	294,716	22,941	317,657	94,137	1,161	1,569	10,535	178	1,573	2,760	429,570
1989	267,218	51,944	319,162	102,468	1,621	1,289	13,332	1	1,845	1,882	441,599
1990	249,729	51,689	301,418	80,984	5,233	1,699	15,274	203	1,092	1,283	407,186
1991	240,959	21,542	262,501	70,049	4,117	509	1,426	919	751	1,114	341,386
1992	240,974	20,123	261,097	93,631	5,509	2,089	338	337	556	1,667	365,224

TABLE 1. (continued)  
TABLA 1. (continuación)

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic and Caribbean Atlántico y Caribe				Total, all areas and species Total, todas las áreas y especies
	YFT	SKJ	MISC	YFT	SKJ	BET	MISC	
1961	0	0	0	14	111	0	0	206,589
1962	0	0	0	0	0	0	0	183,258
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	203,385
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	195,780
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	191,059
1966	0	0	0	0	4	0	124	183,653
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	249,424
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	228,966
1969	0	0	0	20,243	5,202	163	0	251,601
1970	0	227	0	10,321	13,094	215	1,790	276,532
1971	0	0	0	4,595	20,156	649	1,820	304,740
1972	0	0	0	14,158	14,797	234	1,094	298,12
1973	0	0	0	4,248	25,494	125	746	334,041
1974	35	0	0	6,52	21,693	957	178	371,391
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	423,622
1976	247	5,435	2	2,509	2,842	43	469	446,952
1977	157	6,822	4	8,821	7,054	365	130	370,880
1978	24	8,050	44	11,474	9,381	274	369	446,218
1979	0	4,826	0	3,491	3,097	234	659	388,267
1980	351	6,062	0	5,540	4,269	222	32	369,096
1981	5,369	6,603	0	4,401	5,047	141	186	377,428
1982	6,106	13,402	66	5,502	3,277	380	243	289,841
1983	27,930	55,325	390	10,269	6,742	0	276	282,366
1984	5,877	17,971	537	7,696	5,934	3	193	284,486
1985	991	5,368	7	7,851	4,096	0	49	328,439
1986	4,32	5,341	0	1,068	1,767	9	15	388,601
1987	1,532	3,427	54	4,009	2,428	26	107	389,914
1988	772	2,102	556	334	202	0	0	433,537
1989	0	0	269	2,957	1,762	0	2	446,588
1990	2,247	9,708	484	2,893	1,999	69	11	424,597
1991	4	1,792	8	5,633	3,765	4	38	325,628
1992	0	0	90	2,685	2,334	30	63	370,426

**TABLE 2.** Estimates of the catches and landings of tunas in the EPO in 1991, by species and vessel flag, in short tons.**TABLA 2.** Estimaciones de las capturas y desembarcos de atunes en el OPO en 1991, por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras <sup>1</sup>	Total	Porcentaje del total
	ARCAA	Exterior									
CATCHES — CAPTURAS											
Ecuador	18,245	0	22,177	1,933	0	0	0	304	663	43,322	12.7
México	111,702	16,264	13,776	66	10	1,168	0	157	32	143,175	41.9
U.S.A.	21,722	1,809	14,026	29	499	252	919	27	304	39,587	11.6
Venezuela	46,820	3,431	4,923	453	0	0	0	94	5	55,726	16.3
Other-Otros <sup>2</sup>	42,470	38	15,147	1,636	0	6	0	169	110	59,576	17.5
Total	240,959	21,542	70,049	4,117	509	1,426	919	751	1,114	341,386	
LANDINGS — DESEMBARCOS											
Costa Rica	18,744	430	2,878	122	0	0	0	311	33	22,518	6.4
Ecuador	24,389	74	28,181	2,355	0	0	0	163	617	55,779	15.8
France	399	0	16	0	0	0	0	0	0	415	0.1
Italy	23,234	6,713	1,274	333	0	0	0	0	0	31,554	8.9
Japan	10,528	1,537	164	3	23	0	0	0	0	12,255	3.5
México	79,817	5,603	10,714	179	2	1,168	0	6	32	97,521	27.6
Perú	844	0	108	0	0	0	0	0	0	952	0.3
Spain	16,919	3,902	2,076	148	0	0	0	0	0	23,045	6.5
U.S.A.	17,114	222	11,988	2	484	252	825	0	60	30,947	8.8
Venezuela	29,915	3,227	4,174	676	0	0	0	0	0	37,992	10.8
Other-Otros <sup>3</sup>	27,588	1,825	9,480	806	0	0	121	60	0	39,880	11.3
Total	249,491	23,533	71,053	4,624	509	1,420	946	540	742	352,858	

<sup>1</sup> Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.<sup>1</sup> Incluye caballas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.<sup>2</sup> Includes Colombia, Costa Rica, Cyprus, Honduras, Panama, Peru, Spain, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>2</sup> Incluye Colombia, Costa Rica, Chipre, España, Honduras, Panamá, Perú, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.<sup>3</sup> Includes Colombia, El Salvador, Israel, the Netherlands, North Africa, Panama, Thailand, and Yugoslavia. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>3</sup> Incluye África del Norte, Colombia, El Salvador, Israel, los Países Bajos, Panamá, Tailandia, e Yugoslavia. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

**TABLE 3.** Preliminary estimates of the catches and landings of tunas in the EPO in 1992, by species and vessel flag, in short tons.  
**TABLA 3.** Estimaciones preliminares de las capturas y desembarcos de atunes en el OPO en 1992, por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras <sup>1</sup>	Total	Porcentaje del total
	ARCAA	Exterior									
<b>CATCHES — CAPTURAS</b>											
Costa Rica	300	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0.1
Ecuador	14,137	0	28,509	1,406	0	0	0	58	1,094	45,204	2.4
México	113,640	15,473	11,857	188	0	37	0	24	0	141,219	38.7
Perú	14	0	47	0	0	0	0	0	0	61	0.0
U.S.A.	23,053	888	16,137	1,803	2,089	301	337	3	526	45,137	12.4
Vanuatu	30,998	511	14,240	1,184	0	0	0	0	35	46,968	12.9
Venezuela	47,518	3,251	9,909	133	0	0	0	0	0	60,811	16.7
Other-Otros <sup>2</sup>	11,314	0	12,932	795	0	0	0	471	12	25,524	7.0
<b>Total</b>	<b>240,974</b>	<b>20,123</b>	<b>93,631</b>	<b>5,509</b>	<b>2,089</b>	<b>338</b>	<b>337</b>	<b>556</b>	<b>1,667</b>	<b>365,224</b>	
<b>LANDINGS — DESEMBARCOS</b>											
Colombia	30,004	443	16,171	431	0	0	0	8	19	47,076	12.9
Costa Rica	22,095	797	4,291	90	0	0	0	71	2	27,346	7.5
Ecuador	26,447	156	43,251	2,152	0	0	0	51	1,081	73,138	20.1
France	724	248	571	0	0	0	0	0	0	1,543	0.4
Italy	3,521	395	6	0	0	0	0	0	0	3,922	1.1
México	103,912	14,561	6,988	104	0	37	0	0	0	125,602	34.5
Panamá	6,086	0	1,117	64	0	0	0	60	0	7,327	2.0
Spain	3,494	248	716	1	0	0	0	0	0	4,459	1.2
U.S.A.	7,834	516	11,294	214	2,067	301	319	0	161	22,706	6.2
Venezuela	37,042	3,251	7,198	197	0	0	0	0	0	47,688	13.1
Other-Otros <sup>3</sup>	2,233	0	925	0	23	0	19	21	4	3,225	0.9
<b>Total</b>	<b>243,392</b>	<b>20,615</b>	<b>92,528</b>	<b>3,253</b>	<b>2,090</b>	<b>338</b>	<b>338</b>	<b>211</b>	<b>1,267</b>	<b>364,032</b>	

<sup>1</sup> Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

<sup>1</sup> Incluye caballas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.

<sup>2</sup> Includes Colombia, Cyprus, New Zealand, Panama, Spain, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

<sup>2</sup> Incluye Colombia, Chipre, España, Nueva Zelandia, Panamá, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

<sup>3</sup> Includes Japan, North Africa, and Peru. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

<sup>3</sup> Incluye África del Norte, Japón, y Perú. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

**TABLE 4.** World catches of the principal market species of tunas, in thousands of short tons. Due to rounding, some of the totals are not exactly equal to the corresponding sums of the values in the table.

**TABLA 4.** Capturas mundiales de las principales especies comerciales de atunes, en miles de toneladas cortas. Debido al redondeo, algunos de los totales no son exactamente iguales a las sumas correspondientes de los valores en la tabla.

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Pacific Ocean — Océano Pacífico																	
SKJ	481	611	561	739	644	677	623	625	783	910	729	899	833	1030	957	1044	1254
YFT	375	420	398	394	412	396	450	420	427	451	524	597	662	663	722	779	761
BET	115	139	159	130	139	145	115	121	123	114	137	166	166	133	141	182	162
ALB	121	169	115	150	117	118	122	122	98	114	115	119	122	128	178	134	89
NBF	23	21	20	28	33	26	35	31	20	12	18	21	23	10	16	9	20
SBF	11	11	5	8	11	10	13	7	5	3	3	3	3	2	3	4	3
Total	1126	1371	1258	1449	1356	1372	1358	1326	1456	1604	1526	1805	1809	1966	2017	2152	2289
Atlantic Ocean — Océano Atlántico																	
SKJ	75	81	108	105	97	127	144	170	148	142	126	127	128	157	128	153	228
YFT	137	138	144	142	146	139	166	176	178	126	164	147	151	145	172	193	174
BET	55	34	40	45	38	40	72	80	66	77	84	66	54	63	77	72	62
ALB	67	72	89	80	82	70	66	80	74	62	81	83	72	75	72	77	58
NBF	24	26	23	21	16	17	21	26	26	29	29	23	22	29	26	26	27
SBF	2	5	7	8	11	11	8	6	5	6	4	3	4	3	3	3	3
Total	361	357	411	402	390	404	477	539	498	442	488	449	431	471	477	524	552
Indian Ocean — Océano Índico																	
SKJ	40	42	33	34	37	47	52	58	69	114	151	164	187	226	263	239	238
YFT	49	56	57	50	41	39	41	55	66	106	111	131	142	198	170	194	180
BET	42	31	37	54	35	33	36	43	49	39	47	51	54	60	45	46	39
ALB	12	14	13	15	12	11	15	23	19	16	10	31	47	45	21	44	38
NBF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
SBF	25	31	30	19	17	21	29	32	41	33	32	24	21	21	15	12	8
Total	168	174	171	172	143	152	172	211	243	309	351	401	451	549	513	534	503
All oceans — Todos océanos																	
SKJ	597	734	702	877	778	850	820	854	1000	1166	1006	1190	1148	1413	1348	1436	1720
YFT	562	615	599	586	599	574	658	651	669	683	799	875	955	1005	1063	1166	1115
BET	210	204	236	229	213	219	222	244	237	230	268	283	274	256	262	300	263
ALB	202	255	217	246	210	199	203	225	190	193	207	233	240	248	269	255	185
NBF	47	47	43	50	48	43	56	57	47	41	47	44	45	38	42	35	47
SBF	37	48	41	36	39	43	50	46	51	42	39	30	28	26	20	18	14
Total	1655	1903	1838	2024	1887	1928	2009	2077	2194	2355	2366	2655	2690	2986	3004	3210	3344

**TABLE 5.** Numbers and carrying capacities, in short tons, of vessels of the EPO tuna fleet. *Bolicheras* are small purse seiners with limited ranges. Information for 1950-1960 is given in Table 4 of the IATTC Annual Report for 1988. The data for 1992 are preliminary.

**TABLA 5.** Número y capacidad de acarreo, en toneladas cortas, de los barcos de la flota atunera del OPO. Las *bolicheras* son cerqueros pequeños con radio de acción limitado. En la Tabla 4 del Informe Anual de la CIAT de 1988 se presentan los datos de 1950-1960. Los datos de 1992 son preliminares.

Year	Seiners		Baitboats		Bolicheras		Trollers		Total	
	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons
Año	Cerqueros		De carnada		Bolicheras		Curricanes		Total	
	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.
1961	124	30,011	93	10,510	1	25	0	0	218	40,546
1962	130	33,945	89	6,725	27	675	0	0	246	41,345
1963	141	39,834	108	5,964	18	450	3	55	270	46,303
1964	134	40,307	88	4,712	3	65	0	0	225	45,084
1965	146	42,283	109	5,777	17	395	7	182	279	48,637
1966	126	39,869	113	6,217	7	140	2	29	248	46,255
1967	122	40,221	108	5,862	8	170	0	0	238	46,253
1968	139	50,613	89	5,743	4	100	2	24	234	56,480
1969	149	57,008	69	4,957	4	95	3	71	225	62,131
1970	162	67,508	49	4,302	0	0	9	177	220	71,987
1971	185	88,770	102	5,569	6	150	66	1,514	359	96,003
1972	206	112,361	108	6,707	4	100	74	1,946	392	121,114
1973	216	131,910	106	6,856	3	75	28	729	353	139,570
1974	230	146,990	111	7,766	4	110	7	150	352	155,016
1975	249	163,766	102	7,403	4	105	9	181	364	171,455
1976	250	176,469	99	7,071	4	115	38	909	391	184,564
1977	250	178,813	79	5,436	3	87	37	953	369	185,289
1978	262	180,781	68	5,044	9	272	50	1,303	389	187,400
1979	268	183,695	45	3,979	14	405	5	112	332	188,191
1980	258	184,669	46	3,838	12	355	4	106	320	188,968
1981	248	184,953	39	3,063	3	72	2	55	292	188,143
1982	221	167,780	36	2,713	2	60	4	131	263	170,684
1983	203	140,387	52	3,470	12	300	8	244	275	144,401
1984	166	114,322	40	3,055	0	0	9	232	215	117,609
1985	177	129,758	25	2,424	0	0	1	14	203	132,196
1986	166	124,118	17	1,939	0	0	0	0	183	126,057
1987	177	143,465	29	2,237	0	0	0	0	206	145,702
1988	187	148,322	36	3,081	0	0	3	70	226	151,473
1989	176	133,641	30	2,951	0	0	2	36	208	136,628
1990	172	135,552	22	1,749	0	0	2	267	196	137,568
1991	152	116,895	19	1,537	0	0	3	346	174	118,778
1992	155	109,609	22	1,750	0	0	0	0	177	111,359

**TABLE 6.** Estimates of the numbers and carrying capacities, in short tons, of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the EPO in 1991 and 1992, by flag, gear, and size class. Each vessel is included in the totals for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the fleet total. Therefore the totals for the fleet may not equal the sums of the individual flag entries. The data for 1992 are preliminary. (PS = purse seiner; BB = baitboat; JB = jigboat)

**TABLA 6.** Estimaciones del número de barcos que pescaron en el OPO en 1991 y 1992 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas cortas, por bandera, arte de pesca, y clase de arqueo. Se incluye cada barco en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el total de la flota; por consiguiente, los totales de las flotas no son necesariamente iguales a las sumas de las banderas individuales. Los datos de 1992 son preliminares. (PS = cerquero; BB = barco de carnada; JB = curricán)

Flag Bandera	Gear Arte	Size class — Clase de arqueo							Capacity Capacidad
		1	2	3	4	5	6	Total	
1991									
NUMBER — NUMERO									
Colombia	PS	-	1	-	-	-	2	3	*
Cyprus—Chipre	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	2	5	10	7	2	7	33	8,825
	BB	6	-	-	-	-	-	6	162
Honduras	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
México	PS	-	-	4	-	2	43	49	46,445
	BB	-	1	8	-	-	-	9	1,094
Panamá	PS	-	-	1	2	-	3	6	*
Perú	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Spain—España	PS	-	-	-	-	-	2	2	*
USA—EE.UU.	PS	-	5	5	-	1	13	24	14,944
	BB	1	3	-	-	-	-	4	281
	JB	-	2	1	-	-	-	3	346
Vanuatu	PS	-	-	-	-	1	10	11	*
Venezuela	PS	-	-	-	-	-	21	21	24,798
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	25	21,883
All flags—	PS	2	11	20	9	6	104	152	
Todas las	BB	7	4	8	-	-	-	19	
banderas	JB	-	2	1	-	-	-	3	
	All gear	9	17	29	9	6	104	174	
CAPACITY — CAPACIDAD									
All flags—	PS	80	1,052	2,744	2,169	2,242	108,608		116,895
Todas las	BB	202	323	1,012	-	-	-		1,537
banderas	JB	-	169	177	-	-	-		346
	All gear	282	1,544	3,933	2,169	2,242	108,608		118,778
1992									
NUMBER — NUMERO									
Colombia	PS	-	1	-	-	-	2	3	*
Cyprus—Chipre	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	1	6	8	9	2	10	36	11,108
	BB	7	-	-	-	-	-	7	192
México	PS	2	6	5	-	2	43	58	47,627
	BB	1	1	6	-	-	-	8	926
New Zealand	PS	-	-	-	1	-	-	1	*
Panamá	PS	-	-	1	2	-	4	7	*
Spain—España	PS	-	-	-	-	-	2	2	*
USA—EE.UU.	PS	-	6	5	-	1	8	20	10,526
	BB	1	5	1	-	-	-	7	632
Vanuatu	PS	-	-	-	-	1	10	11	11,896
Venezuela	PS	-	-	-	-	-	17	17	19,440
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	14	9,694
All flags—	PS	3	19	19	12	6	96	155	
Todas las	BB	9	6	7	-	-	-	22	
banderas	All gear	12	25	26	12	6	96	177	
CAPACITY — CAPACIDAD									
All flags—	PS	130	1,601	2,650	3,069	2,242	99,917		109,609
Todas las	BB	282	511	957	-	-	-		1,750
banderas	All gear	412	2,112	3,607	3,069	2,242	99,917		111,359

\* Asterisks indicate data pooled to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

\* Los asteriscos indican datos combinados para evitar revelar las actividades de barcos o empresas individuales.

**TABLE 7.** Catches per ton of carrying capacity by vessel size group for the EPO purse-seine fleet, by species, in the EPO and in all ocean fishing areas (OFA). The size groups, by capacity in short tons, are as follows: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. The abbreviations for the species are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; All, all species reported. The 1992 data are preliminary.

**TABLA 7.** Captura por tonelada de capacidad de acarreo por clase de arqueo de la flota cerquera del OPO, por especie, en el OPO y en todas las zonas oceánicas de pesca (All OFA). Las clases de arqueo, por capacidad en toneladas cortas, son las siguientes: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. Las abreviaturas de las especies son: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete; All, todas las especies informadas. Los datos de 1992 son preliminares.

Size group and catch area																		
Year	Species	1		2		3		4		5		6		7		8		Total
		EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO All
Clase de arqueo y área de captura																		
Año	Especie	1		2		3		4		5		6		7		8		Total
		OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO All
1980	YFT	0.8	0.8	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	1.2	0.6	0.6	0.9	1.0	1.1	1.1	0.8	0.9	0.9 1.0
	SKJ	0.5	0.5	0.9	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	0.4	0.4	0.8	0.8	0.9	1.0	0.6	0.7	0.7 0.8
	All	2.2	2.2	2.3	2.3	1.8	1.8	2.2	2.2	1.1	1.2	1.8	1.9	2.1	2.2	1.5	1.7	1.8 1.9
1981	YFT	1.1	1.1	1.2	1.2	0.9	0.9	1.3	1.3	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	0.6	0.7	1.1 1.1
	SKJ	1.0	1.0	1.1	1.1	0.7	0.7	0.9	0.9	0.4	0.4	0.7	0.7	0.6	0.8	0.4	0.6	0.7 0.7
	All	3.0	3.0	2.6	2.6	1.6	1.7	2.2	2.2	1.5	1.5	1.9	2.0	1.7	2.0	1.0	1.4	1.9 2.0
1982	YFT	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.9	1.0	0.9	0.9	0.7	0.9	0.8 0.9
	SKJ	1.9	1.9	1.3	1.3	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.2	0.7	0.6 0.7
	All	3.3	3.3	2.5	2.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.7	0.9	1.8	1.5 1.7
1983	YFT	1.2	1.2	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7	1.1	0.6	0.8	0.3	0.9	0.7 1.0
	SKJ	1.7	1.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	1.0	0.3	0.9	0.1	0.9	0.4 0.9
	All	3.7	3.7	2.0	2.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.5	1.0	2.1	0.9	1.7	0.3	1.8	1.2 1.9
1984	YFT	1.8	1.8	1.9	1.9	1.2	1.2	1.7	1.7	1.5	1.6	1.4	1.6	1.0	1.1	0.2	0.6	1.4 1.5
	SKJ	1.9	1.9	1.6	1.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.8	0.3	0.6	0.3	0.6	0.6 0.8
	All	5.0	5.0	3.9	3.9	2.0	2.0	2.3	2.3	2.2	2.3	2.0	2.5	1.3	1.7	0.6	1.2	2.1 2.4
1985	YFT	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.6	2.1	2.1	2.1	2.1	1.3	1.6	1.9 1.9
	SKJ	2.1	2.2	1.5	1.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	1.0	1.1	0.4 0.5
	All	4.7	4.7	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.1	1.5	1.8	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.7	2.4 2.5
1986	YFT	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.6	2.6	2.7	2.1	2.1	2.4 2.4
	SKJ	2.4	2.4	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.1	0.2	0.9	0.9	0.6 0.6
	All	5.3	5.3	4.3	4.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.1	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0 3.1
1987	YFT	2.0	2.0	2.1	2.1	1.2	1.4	1.8	1.8	1.4	1.5	2.2	2.3	2.4	2.4	1.1	1.4	2.1 2.1
	SKJ	2.0	2.0	3.2	3.2	1.2	1.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6	0.4 0.5
	All	5.0	5.0	5.4	5.4	2.4	2.9	2.4	2.4	2.0	2.1	2.5	2.6	2.6	2.7	1.4	2.0	2.6 2.7
1988	YFT	2.8	2.8	3.3	3.3	1.9	1.9	2.2	2.2	1.5	1.5	2.1	2.2	2.1	2.1	1.1	1.2	2.1 2.1
	SKJ	1.7	1.7	1.4	1.4	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.2	0.5	0.6 0.6
	All	5.7	5.7	5.4	5.4	2.8	2.8	3.0	3.0	2.0	2.1	2.7	2.7	2.7	2.7	1.3	1.7	2.8 2.8
1989	YFT	1.7	1.7	2.4	2.4	1.9	1.9	2.0	2.0	1.5	1.5	2.5	2.5	2.6	2.6	1.4	1.7	2.3 2.3
	SKJ	1.9	1.9	2.3	2.3	1.3	1.3	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.9	0.7 0.7
	All	4.3	4.3	5.9	5.9	3.4	3.4	3.1	3.1	2.5	2.5	3.1	3.2	3.1	3.1	2.0	2.6	3.2 3.2
1990	YFT	2.0	2.0	2.3	2.3	1.2	1.2	1.5	1.5	1.1	1.1	2.6	2.6	2.3	2.4	1.8	2.0	2.2 2.2
	SKJ	2.4	2.4	2.2	2.2	1.2	1.2	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.2	0.5	0.4	0.4	0.6 0.7
	All	5.6	5.6	5.5	5.5	2.9	2.9	2.6	2.6	1.7	1.7	3.1	3.2	2.5	2.8	2.2	2.4	2.9 3.1
1991	YFT	1.9	1.9	3.3	3.3	1.2	1.4	1.9	1.9	1.5	1.5	2.4	2.5	2.7	2.7	1.3	1.5	2.2 2.3
	SKJ	1.8	1.8	1.4	1.4	0.8	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6 0.6
	All	4.1	4.1	5.0	5.0	2.2	2.6	2.8	2.8	2.0	2.1	2.9	3.0	3.0	3.0	1.8	2.1	2.8 2.9
1992	YFT	1.6	1.6	2.1	2.1	0.9	0.9	1.8	1.8	1.2	1.2	2.6	2.7	3.3	3.3	1.0	1.0	2.3 2.3
	SKJ	2.1	2.1	2.1	2.1	1.2	1.2	1.1	1.1	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	1.0	1.0	0.8 0.9
	All	4.1	4.1	4.4	4.4	2.4	2.4	3.1	3.1	2.1	2.1	3.2	3.3	3.9	3.9	2.3	2.3	3.2 3.3



**TABLE 8.** Search classifications. YF: yellowfin; SJ: skipjack.**TABLA 8.** Clasificaciones de búsqueda. YF: aleta amarilla; SJ: barrilete.

Search classification	Set type at the end of the search	Previous set type	Mixed YF + SJ or pure YF at the end of the search
Clasificación de búsqueda	Tipo de lance al fin de la búsqueda	Tipo de lance anterior	YF + SJ mixto o YF puro al fin de la búsqueda
1	schoolfish brisa	schoolfish brisa	YF
2	dolphin delfin	dolphin delfin	YF
3	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF
4	schoolfish brisa	schoolfish brisa	YF + SJ
5	dolphin delfin	dolphin delfin	YF + SJ
6	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF + SJ
7	different from previous set type diferente al tipo de lance anterior	different from set type at end of search diferente al tipo de lance al fin de la búsqueda	YF or YF + SJ YF o YF + SJ

**TABLE 9.** Analysis of variance for percentage of large yellowfin in all set types and for all other factors.**TABLA 9.** Análisis de varianza para porcentaje de aletas amarillas grandes en todos los tipos de lances y para todos los otros factores.

Source	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	F value	Probability
Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Years—Años	6	18.55	3.09	17.53	0.0001
Vessel speed—Velocidad del barco	1	0.06	0.06	0.31	0.5750
Vessel capacity—Capacidad del barco	1	0.03	0.03	0.16	0.6926
Set type—Tipo de lance	2	17.18	8.59	48.71	0.0001
Skipjack—Barrilete	1	41.13	41.13	233.25	0.0001
Season-area—Temporada-área	19	21.17	1.12	6.32	0.0001
Observer on board—Observador a bordo	1	0.17	0.17	0.96	0.3277
Set type x season-area— Tipo de lance x temporada-área	33	22.78	0.70	3.92	0.0001
Residual error—Error residual	3413	601.78	0.18		

**TABLE 10.** Analysis of variance for percentage of large yellowfin for factors found to be significant in the analysis of variance in Table 9.

**TABLA 10.** Análisis de varianza para porcentaje de aletas amarillas grandes para factores significativos en el análisis de varianza en la Tabla 9.

Source	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	F value	Probability
Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Years—Años	6	18.53	3.09	17.52	0.0001
Set Type—Tipo de lance	2	19.07	9.53	54.08	0.0001
Skipjack—Barrilete	1	40.82	40.82	231.55	0.0001
Season-area—Temporada-área	19	21.16	1.11	6.32	0.0001
Set type x season-area— Tipo de lance x temporada-área	33	23.05	0.70	3.96	0.0001
Residual error—Error residual	3416	602.25	0.18		

**TABLE 11.** Numbers of length-frequency samples taken during 1985-1991 and predicted and observed percentages of large yellowfin for those years. The numbers at the top of the table refer to set types (1 = fish in free-swimming schools; 2 = fish associated with dolphins; 3 = fish associated with floating objects).

**TABLA 11.** Número de muestras de frecuencia de talla obtenidas durante 1985-1991 y porcentajes esperados y observados de aleta amarilla grande durante esos años. Los números en cabeza de la tabla se refieren al tipo de lance (1 = peces en cardúmenes no asociados; 2 = peces asociados con delfines; 3 = peces asociados con objetos flotantes).

Season-area stratum	Numbers of length- frequency samples			Predicted percentages of large yellowfin for average year and skipjack occurrence			Observed percentages of large yellowfin		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Estrato temporada-área	Número de muestras de frecuencia de talla			Porcentajes esperados de aleta amarilla grande por año y ocurrencia de barrilete promedio			Porcentajes observados de aleta amarilla grande		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	20	41	13	75.1	94.2	82.2	73.5	97.3	66.6
2	11	11	9	23.9	89.5	98.3	37.5	91.3	84.6
3	3	30	0	54.5	94.7	—	61.5	99.1	—
4	10	0	0	55.3	—	—	64.2	—	—
5	41	2	15	48.1	79.9	49.8	50.7	91.0	53.1
6	50	0	8	57.4	—	28.5	60.5	—	28.0
7	39	0	2	28.5	—	54.7	42.8	—	57.0
8	97	15	21	20.0	56.6	33.6	22.8	71.4	33.3
9	56	7	60	41.5	90.5	10.6	46.0	90.3	16.9
10	33	13	68	20.1	88.6	14.7	29.7	94.1	13.8
11	33	206	13	53.7	70.1	21.5	60.0	77.0	16.4
12	27	198	16	46.0	76.6	22.6	45.4	83.9	23.4
13	27	258	28	31.6	81.9	35.4	35.0	86.7	36.8
14	130	853	59	48.4	72.1	25.7	52.2	78.3	26.3
15	6	482	8	65.5	88.7	20.1	72.0	92.2	23.3
16	3	61	2	35.9	84.1	6.0	47.3	80.0	0.0
17	74	14	3	31.1	56.2	1.6	45.4	68.6	0.0
18	53	11	1	20.7	54.5	0.6	26.4	66.1	0.0
19	109	6	1	10.5	11.5	4.6	17.2	28.5	0.0
20	85	32	4	45.0	30.2	35.2	56.4	52.5	47.0

**TABLE 12.** Analysis of variance for percentage of large yellowfin for non-dolphin sets and all other factors.**TABLA 12.** Análisis de varianza para porcentaje de aletas amarillas grandes para lances sin delfines y todos los otros factores.

Source	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	F value	Probability
Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Years—Años	6	10.25	1.71	6.61	0.0001
Set type—Tipo de lance	1	1.20	1.20	4.66	0.0311
Skipjack—Barrilete	1	39.81	39.81	154.17	0.0001
Season-area—Temporada-área	16	6.58	0.41	1.59	0.0639
Observer on board—Observador a bordo	1	0.50	0.50	1.94	0.1639
Set type x season-area— Tipo de lance x temporada-área	17	11.20	0.66	2.55	0.0005
Season-area x observer— Temporada-área x observador	16	4.12	0.26	1.00	0.4581
Residual error—Error residual	1176	303.67	0.26		

**TABLE 13.** Results of analyses of covariance used to test the significance of differences for the logarithmic relationships of batch fecundity on length for yellowfin tuna of similar length ranges. The areas and periods are defined in the text.

**TABLA 13.** Resultados de los análisis de covarianza usados para comprobar la significación de diferencias para las relaciones logarítmicas de fecundidad por camada *versus* talla para atunes aleta amarilla de rangos de talla similares. Se definen las áreas y períodos en el texto.

Test	Area	Period	Quarter	Equality of slopes		Equality of adjusted means		Degrees of freedom
				<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	
				Igualdad de pendientes		Igualdad de promedios ajustados		Grados de libertad
Prueba	Area	Período	Trimestre	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	
1	2	1	1, 2	3.079	10.084	0.0023	0.962	1, 69
2	2	2	1, 2, 3	1.1969	0.306	1.3090	0.274	2, 114
3	3	2	1, 2, 3	4.4898	0.016	12.3642	0.000	2, 53
4	2	1, 2	1-4	1.6812	0.196	2.5447	0.112	1, 203
5	1, 2, 3	2	1-4	0.8478	0.430	9.9340	0.000	2, 211
6	1, 2, 3, 4	1-2	1-4	1.2323	0.298	9.3284	0.000	3, 337

**TABLE 14.** Estimated growth of bluefin in the eastern Pacific Ocean.

**TABLA 14.** Crecimiento estimado de aletas azules en el Océano Pacífico oriental.

Year	Month	Length (cm)	Year	Month	Length (cm)	Year	Month	Length (cm)
Año	Mes	Talla (cm)	Año	Mes	Talla (cm)	Año	Mes	Talla (cm)
1	July	56.8	2	April	74.8	3	January	94.8
1	August	60.2	2	May	76.4	3	February	96.4
1	September	63.7	2	June	78.2	3	March	98.0
1	October	65.2	2	July	81.6	3	April	99.6
1	November	66.9	2	August	85.0	3	May	101.2
1	December	68.5	2	September	88.5	3	June	102.8
2	January	70.0	2	October	90.0	3	July	106.1
2	February	71.6	2	November	91.7	3	August	109.4
2	March	73.2	2	December	93.3			

**TABLE 15.** Estimated numbers of bluefin, in thousands, caught in the western and eastern Pacific Oceans.**TABLA 15.** Número estimado de aletas azules, en miles, capturados en el Océano Pacífico occidental y oriental.

Year class	Western Pacific Ocean					Eastern Pacific Ocean			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Clase anual	Océano Pacífico occidental					Océano Pacífico oriental			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
1948	-	-	-	-	-	-	-	-	>0
1949	-	-	-	-	-	-	-	>0	>0
1950	-	-	-	-	-	-	140	6	4
1951	-	-	-	-	-	54	6	6	2
1952	-	-	-	-	-	651	493	19	>0
1953	-	-	-	-	-	413	348	9	>0
1954	-	-	-	-	-	185	168	20	0
1955	-	-	-	-	-	433	373	4	4
1956	-	-	-	-	-	575	905	109	69
1957	-	-	-	-	-	285	269	33	>0
1958	-	-	-	-	-	12	66	6	1
1959	-	-	-	-	-	58	347	9	5
1960	-	-	-	-	-	524	608	80	4
1961	-	-	-	-	-	829	521	29	1
1962	-	-	-	-	30	526	256	16	0
1963	-	-	-	62	8	972	305	35	1
1964	-	-	91	5	17	327	715	34	0
1965	-	266	3	52	1	622	308	5	1
1966	1270	461	1	13	17	97	155	32	1
1967	3607	964	78	23	24	416	311	35	0
1968	2300	371	48	14	18	290	258	7	-
1969	2970	378	2	18	16	14	711	-	0
1970	1938	443	15	4	3	467	-	2	0
1971	3316	682	20	12	29	-	589	1	>0
1972	498	124	28	115	26	609	440	2	24
1973	4875	1403	46	61	95	51	722	172	21
1974	3953	676	96	44	10	260	150	21	8
1975	1277	222	61	14	28	488	250	7	>0
1976	1784	698	151	38	7	55	81	>0	0
1977	2542	478	98	76	84	508	539	1	>0
1978	5091	1452	119	584	99	78	284	11	1
1979	2088	611	180	64	56	48	70	2	>0
1980	2810	605	200	54	15	4	120	6	1
1981	1975	785	139	21	75	249	62	6	0
1982	665	213	44	86	30	12	44	>0	>0
1983	1362	421	49	123	-	33	315	5	>0
1984	2417	757	61	-	-	76	388	6	>0
1985	2046	760	-	-	-	22	74	21	>0
1986	1470	-	-	-	-	7	45	6	1
1987	-	-	-	-	-	34	40	8	>0
1988	-	-	-	-	-	45	78	1	-
1989	-	-	-	-	-	5	8	-	-
1990	-	-	-	-	-	52	-	-	-

**TABLE 16.** Sampling coverage during 1992 of trips by vessels of capacity >400 short tons.**TABLA 16.** Cobertura de muestreo en 1992 de viajes de barcos de capacidad >400 toneladas cortas.

	Number of trips <sup>1</sup>		
	Total	Sampled	Percent
	Número de viajes <sup>1</sup>		
	Total	Muestreados	Porcentaje
Mexican vessels sampled by:			
Barcos mexicanos muestreados por:			
IATTC-CIAT		74	(36.8)
National program-Programa nacional		123	(61.2)
Total	201	197	98.0
U.S. vessels sampled by:			
Barcos de EE.UU. muestreados por:			
IATTC-CIAT		22	(43.1)
National program-Programa nacional		22	(43.1)
Total	51	44	86.3
Other fleets sampled by IATTC:			
Otras flotas muestreadas por la CIAT:			
Colombia	10	8	80.0
Cyprus-Chipre	2	0	0.0
Ecuador <sup>2</sup>	58	58	100.0
Panamá	15	15	100.0
Spain-España	2	0	0.0
Vanuatu	59	58	98.3
Venezuela	74	74 <sup>3</sup>	100.0
International fleet sampling by IATTC program			
Muestreo de la flota internacional por el programa de la CIAT	472	309	65.5
International fleet sampling by three programs (IATTC, U.S., Mexico)			
Muestreo de la flota internacional por tres programas (CIAT, EE.UU, México)	472	454	96.2

<sup>1</sup> Includes trips which departed during 1992, and trips which started in late 1991 and ended in 1992.<sup>1</sup> Incluye viajes que salieron durante 1992, y viajes que empezaron a fines de 1991 y terminaron en 1992.<sup>2</sup> Includes one Spanish-flag and one Cyprus-flag vessel.<sup>2</sup> Incluye un barco de bandera española y uno de bandera de Chipre.<sup>3</sup> One set of data was lost in a vessel sinking.<sup>3</sup> Se perdió un juego de datos al hundirse un barco.

**TABLE 17.** Training sessions held for observers during 1992.**TABLA 17.** Cursos de capacitación de observadores celebrados durante 1992.

Dates	Location	Number of attendees
Fechas	Sede	Número de asistentes
April 1-15	Long Beach and La Jolla, U.S.A.	9
May 15-20	Panamá, R.P.	4
June 10-26	Guayaquil, Ecuador	20
July 1-17	Cartagena, Colombia	10
October 6-23	Ensenada, México	14
Total (5 sessions—cursos)		57

**TABLE 18.** Dolphin mortality workshops sponsored by the IATTC during 1992.**TABLA 18.** Talleres sobre la mortalidad de delfines auspiciados por la CIAT en 1992.

Date	Location	Attendees		
		Captains	Others	Total
Fecha	Sede	Asistentes		
		Capitanes	Otros	Total
January 14	Ensenada, México	20	25	45
February 14	La Jolla, U.S.A.	7	0	7
June 29-30	Bermeo, España	8	8	16
July 15	Cumaná, Venezuela	4	6	10
August 8	Ensenada, México	12	31	43
November 30	La Jolla, U.S.A.	6	0	6
December 3	Caracas, Venezuela	12	3	15
December 8	La Jolla, U.S.A.	0	1	1
December 21	La Jolla, U.S.A.	4	0	4
December 22	Ensenada, México	13	15	28
December 29	La Jolla, U.S.A.	4	0	4
Total (11 workshops—talleres)		90	89	179

**TABLE 19.** Estimates of incidental mortality of dolphins in 1992.  
**TABLA 19.** Estimaciones de la mortalidad incidental de delfines en 1992.

Species and stock	Using mortality per set		Using mortality per ton	
	Estimate	Standard error	Estimate	Standard error
Especie y stock	Usando mortalidad por lance		Usando mortalidad por tonelada	
	Estimación	Error estándar	Estimación	Error estándar
Offshore spotted—Manchado de altamar				
Northeastern—Noreste	4,657	321	4,721	310
Western and southern—Occidental y sureño	1,874	288	2,069	313
Eastern spinner—Tornillo oriental	2,777	168	2,831	177
Unidentified prorated—No identificados prorratados <sup>1</sup>	17	4	18	4
Whitebelly spinner—Tornillo panza blanca	2,029	297	2,157	320
Unidentified prorated—No identificados prorratados <sup>1</sup>	15	5	15	5
Common—Común				
Northern—Norteño	1,773	329	1,954	445
Central	1,815	157	1,779	170
Southern—Sureño	64	8	11	7
Other dolphins—Otros delfines <sup>2</sup>	518	95	528	97
Totals—Totales	15,539	666	16,083	752

<sup>1</sup> Unidentified spinner dolphins are prorated to their eastern or whitebelly stocks.

<sup>1</sup> Los delfines tornillo no identificados son prorratados al stock oriental o panza blanca.

<sup>2</sup> Includes the following species and stocks, whose observed mortalities are shown in brackets: striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) [112]; bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) [65]; rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) [34]; unidentified small whale [1]; unidentified dolphins [126]. There are not enough data to make separate estimates for these stocks.

<sup>2</sup> Incluye las especies y stocks siguientes, con sus mortalidades observadas en paréntesis: delfines listados (*Stenella coeruleoalba*) [112]; tursiones (*Tursiops truncatus*) [65]; estenos (*Steno bredanensis*) [34]; ballena pequeña no identificada [1]; delfines no identificados [126]. No hay bastantes datos para hacer estimaciones separadas para estos stocks.

**TABLE 20.** Numbers of sightings, areas in which stocks occur, and searching effort, 1992.

**TABLA 20.** Número de observaciones, áreas donde ocurren los stocks, y esfuerzo de búsqueda, 1992.

Species and stocks	Numbers of sightings	Area of stocks (1,000 nm)	Searching effort (1,000 nm)
Especie y stock	Número de observaciones	Area del stock (1,000 mn)	Esfuerzo de búsqueda (1,000 mn)
Offshore spotted—Manchado de altamar			
Northeastern—Noreste	3535	1658.3	273.3
Western and southern—Occidental y sureño	704	3552.8	185.3
Spinner—Tornillo			
Eastern—Oriental	1204	2267.1	384.1
Whitebelly—Panza blanca	373	4194.9	300.2
Common dolphin—Común			
Northern—Norteño	131	615.3	60.0
Central	642	2186.3	296.2
Southern—Sureño	186	842.4	102.3



**TABLE 21.** Estimates of relative abundances of dolphins for 1992. The bootstrap standard errors are given in parentheses. Asterisks indicate herds of unidentified spinner dolphins prorated between the eastern and whitebelly stocks. **TABLA 21.** Estimaciones de la abundancia relativa de delfines en 1992. Los valores en paréntesis son los errores estándar del procedimiento de "bootstrap." Los asteriscos indican manadas de delfines tornillo no identificados prorrateados entre los stocks oriental y panza blanca.

Species and stock	Effective half-width of strip (nm)	Encounter rate (herds/1,000 nm)	Average herd size	Number of herds (000s)	Number of dolphins (000s)	Number of dolphins (000s)
Especie y stock	Medio ancho efectivo de la banda (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1,000 mn)	Tamaño medio de manada	Número de manadas (000s)	Número de delfines (000s)	Número de delfines (000s)
Northeastern offshore spotted Manchado altamar del noreste	3.54 (0.16)	12.27 (0.60)	446.2 (17.5)	2874 (207)	1282 (92)	
Western and southern offshore spotted Manchado de altamar occidental y sureño	3.67 (0.26)	5.99 (0.54)	800.7 (109.7)	2895 (330)	2318 (362)	
Total offshore spotted Total manchado de altamar	3.68 (0.14)	7.55 (0.44)	597.2 (46.9)	5353 (407)	3197 (313)	
Eastern spinner Tornillo oriental	4.03 (0.20)	3.47 (0.26)	331.2 (36.4)	976 (99)	323 (47)	410* (91)
Whitebelly spinner Tornillo panza blanca	3.53 (0.33)	2.45 (0.31)	390.8 (40.9)	1457 (237)	569 (120)	723* (127)
Spinner (eastern, whitebelly, and unidentified) Tornillo (oriental, panza blanca, y no identificado)	3.88 (0.17)	4.59 (0.35)	377.7 (49.4)	3000 (276)	1133 (169)	
Northern common Común norteño	1.71 (0.38)	2.19 (0.69)	364.5 (47.9)	394 (143)	144 (48)	
Central common Común central	2.91 (0.31)	1.05 (0.11)	531.1 (61.4)	395 (63)	210 (36)	
Southern common Común sureño	1.74 (0.25)	1.82 (0.36)	584.6 (71.8)	440 (115)	257 (69)	

TABLE 22. Estimated average numbers of yellowfin of the X and Y cohorts in the eastern Pacific Ocean, in thousands, during the 1967-1992 period.  
 TABLA 22. Estimaciones del número promedio de aletas amarillas de las cohortes X e Y en el Océano Pacífico oriental, en miles, durante el período de 1967-1992.

Year Año	Quarter Trimestre	X Cohort—Cohorte X							Y Cohort—Cohorte Y						
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1967	1	0	14419	8310	1198	393	106	49	0	18066	2784	733	205	69	33
	2	0	11805	5738	902	277	83	40	37416	12838	1710	505	147	55	27
	3	0	8984	3995	686	200	65	33	30633	8217	1333	357	112	45	22
	4	21009	7207	3165	504	148	52	27	25079	6528	1035	250	87	36	18
1968	1	0	17201	5688	2373	362	112	42	0	20500	5091	777	179	69	30
	2	0	14076	3878	1184	244	87	34	25309	15254	3487	533	128	55	24
	3	0	11479	2833	834	173	69	28	20721	9663	2469	363	97	44	2
	4	23667	9182	2258	609	128	55	23	16945	7612	1923	256	75	36	16
1969	1	0	19377	7027	1791	411	97	44	0	13645	5426	1254	177	59	29
	2	0	15760	4927	1369	246	75	36	27242	9007	3241	603	124	48	24
	3	0	12530	3869	1042	172	59	29	22304	6246	2465	381	95	38	2
	4	27218	9403	3064	723	125	47	24	18259	4638	1851	237	74	31	16
1970	1	0	22284	6301	2191	465	95	38	0	14668	2976	1270	157	58	25
	2	0	18238	3757	1269	229	74	31	26869	10513	1720	737	103	47	20
	3	0	14789	2840	872	152	58	25	21998	7163	1325	460	78	37	17
	4	34665	11445	2152	563	107	46	21	17994	5313	988	285	61	30	14
1971	1	0	28378	8296	1576	359	81	37	0	14430	3822	653	153	48	25
	2	0	23059	5707	1172	226	61	30	27624	9994	2322	408	105	38	20
	3	0	18506	4454	848	157	48	25	22617	7440	1736	271	79	31	17
	4	19886	14210	3517	529	110	38	20	18514	5863	1268	149	62	25	14
1972	1	0	16281	10650	2222	305	78	31	0	14652	4083	680	80	49	20
	2	0	13312	6578	1065	173	59	25	36871	10839	2860	314	47	38	17
	3	0	10808	4901	729	84	47	21	30187	7851	2173	156	31	31	14
	4	16817	8699	3504	454	45	37	17	24713	6194	1587	70	24	25	11
1973	1	0	13769	6936	2430	222	32	30	0	19456	4257	1061	41	19	20
	2	0	10982	5191	1298	104	25	24	68941	9353	2594	577	26	15	17
	3	0	8843	4133	913	56	20	20	56444	5261	1927	258	17	12	14
	4	46972	7043	3233	447	30	16	16	45879	3673	1451	82	13	10	11
1974	1	0	38457	5387	2003	229	17	13	0	33960	2558	969	23	10	8
	2	0	31242	4089	1122	139	13	10	29101	18394	1737	629	13	8	7
	3	0	25011	3291	763	55	11	8	23823	10143	1325	307	9	6	5
	4	36764	19509	2557	448	22	8	7	18602	7251	975	145	7	5	4
1975	1	0	30089	12924	1739	271	11	7	0	14620	5120	670	78	5	4
	2	0	23947	8674	1003	132	7	5	36986	10768	3559	377	28	4	3
	3	0	17996	6196	607	49	5	4	30193	8097	2429	192	11	3	3
	4	17375	13406	4601	347	19	4	4	24108	6484	1598	83	6	2	2
1976	1	0	14221	9936	2996	207	11	3	0	16160	4984	1099	32	5	2
	2	0	11513	5938	1995	89	6	3	28536	9342	3760	628	13	4	2
	3	0	8891	4203	1248	31	5	2	23329	5643	2354	238	9	3	1
	4	18777	6410	3209	687	15	4	2	18609	3824	1434	76	6	2	1

TABLE 22. (continued)  
TABLA 22. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	X Cohort—Cohorte X							Y Cohort—Cohorte Y						
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1977	1	0	15293	4850	2324	259	9	3	0	13929	2693	1032	34	5	2
	2	0	12109	3183	1515	152	6	3	69666	8012	1886	698	23	4	2
	3	0	9320	2210	671	57	5	2	56693	4613	1097	252	12	3	1
	4	34335	6733	1554	303	15	4	2	43582	3213	772	75	7	2	1
1978	1	0	27965	4919	1171	174	9	3	0	29044	2337	555	32	5	2
	2	0	19591	3349	744	113	6	3	42531	13648	1585	377	18	4	2
	3	0	12208	2494	504	54	5	2	34119	7993	1177	226	10	3	1
	4	39612	8919	1784	284	14	4	2	25755	5773	843	79	4	3	1
1979	1	0	32402	5961	1286	151	7	3	0	16715	4039	516	39	2	2
	2	0	24352	3937	767	87	5	3	40076	9713	2244	334	23	2	2
	3	0	16531	3018	493	35	4	2	31868	6014	1540	174	13	2	1
	4	30239	9421	2259	314	22	3	2	20541	4129	1036	113	10	1	1
1980	1	0	24251	6248	1627	160	9	2	0	13604	3080	584	51	6	1
	2	0	16941	3206	1186	75	3	2	42635	7385	2296	370	16	2	1
	3	0	10043	2279	821	31	2	2	34446	4662	1577	182	7	1	1
	4	22106	6710	1679	544	16	2	1	26610	3404	1093	100	4	1	1
1981	1	0	17819	4775	1177	300	10	1	0	19216	2593	797	51	2	1
	2	0	12763	3080	811	133	4	1	31347	11176	1815	521	15	1	1
	3	0	7757	2072	536	63	4	1	25366	5737	1308	226	8	1	0
	4	24063	4170	1386	309	42	3	1	19374	3377	820	140	5	1	0
1982	1	0	19281	2577	989	174	10	2	0	13089	2135	555	41	3	1
	2	0	12656	1752	671	100	5	2	39268	8269	958	369	21	3	1
	3	0	7702	1333	440	50	4	2	31013	5205	686	180	13	2	1
	4	31699	5386	1044	249	24	2	1	21259	4026	445	93	7	2	0
1983	1	0	25770	4081	818	77	6	2	0	15094	3262	268	20	2	1
	2	0	19628	2982	612	28	3	1	42005	10360	2529	147	7	2	1
	3	0	13539	2272	404	13	2	1	34237	7683	1779	80	5	1	1
	4	40064	10068	1743	264	8	1	1	27251	6131	981	42	3	1	1
1984	1	0	32495	8124	1340	123	5	1	0	21484	4833	590	18	2	1
	2	0	25490	6193	983	55	3	1	39097	16566	3349	345	8	1	1
	3	0	17976	4880	654	18	2	1	31766	12780	2358	148	2	1	1
	4	41515	12419	3677	352	6	2	1	25870	9613	1517	58	1	1	0
1985	1	0	33988	9532	2697	140	2	1	0	21071	7155	923	20	1	1
	2	0	27185	7404	1771	56	1	1	34516	16415	4897	448	7	1	1
	3	0	21843	5354	1062	16	1	1	28021	12892	3217	171	2	1	1
	4	40663	16877	4061	577	4	1	1	22780	10103	2061	55	1	0	0
1986	1	0	33103	10361	2974	296	2	1	0	17335	7688	1273	24	1	0
	2	0	26779	7365	1822	95	1	0	40082	13326	5088	594	7	1	0
	3	0	21232	5887	1020	21	1	0	32612	9669	3331	167	3	1	0
	4	51006	16431	4661	527	7	1	0	24760	6351	2211	54	2	0	0

TABLE 22. (continued)  
TABLA 22. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	X Cohort—Cohorte X							Y Cohort—Cohorte Y						
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1987	1	0	41493	12530	3515	279	4	1	0	18609	4670	1441	16	1	0
	2	0	33062	8616	2108	155	2	1	76124	13420	3007	838	5	1	0
	3	0	24885	6322	1181	57	1	0	62104	10300	2044	318	2	1	0
	4	49541	16568	4086	610	19	1	0	49980	8076	1400	141	1	1	0
1988	1	0	40458	12067	2936	331	5	1	0	37731	6184	987	43	1	0
	2	0	31707	8179	1996	117	2	1	45913	22098	4568	574	6	1	0
	3	0	23050	6003	1338	39	1	0	37469	15529	3413	295	1	1	0
	4	44385	16454	4144	814	14	1	0	29753	10838	2195	147	0	1	0
1989	1	0	36313	11735	3016	442	5	1	0	23253	7494	1452	68	0	0
	2	0	28260	8124	1942	210	2	1	53696	17106	5364	856	25	0	0
	3	0	21225	5515	1214	89	1	0	43892	12980	3700	407	16	0	0
	4	52262	14852	3734	687	34	1	0	35216	9538	2465	180	11	0	0
1990	1	0	42684	10815	2510	296	15	1	0	27858	7005	1557	53	8	0
	2	0	34173	7116	1616	147	9	0	52388	20226	4366	912	26	6	0
	3	0	26949	4615	1071	62	7	0	42864	14277	2726	412	18	5	0
	4	41791	21226	3215	618	33	6	0	33624	10821	1770	207	13	4	0
1991	1	0	34169	16711	2258	276	20	4	0	24562	8375	1083	85	9	3
	2	0	26661	12254	1490	116	13	4	41383	17081	6112	598	42	7	3
	3	0	20990	8999	923	25	7	3	33800	12670	4511	242	16	5	2
	4	55700	15903	6675	527	9	6	2	26049	9192	3431	91	11	4	2
1992	1	0	45209	12438	4887	288	6	4	0	19675	6844	2260	30	8	3
	2	0	35793	9161	3342	145	3	4	58811	13374	4769	1476	17	6	3
	3	0	28285	6772	2083	76	2	3	47953	7827	3455	990	12	5	2
	4	42758	22393	4959	1284	39	2	2	38760	5358	2529	660	9	4	2

**TABLE 23.** Estimated recruitment, in thousands of fish, of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined. The initial estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first month in the first year that they reach a length of 30 cm (November for the X group and May for the Y group). The average estimates correspond to the average numbers alive during that first month; these numbers are the same as those in Table 22.

**TABLA 23.** Reclutamiento estimado, en miles de peces, de las cohortes X e Y, y de las cohortes X e Y combinadas. Las estimaciones iniciales corresponden al número de peces al principio del primer mes del primer año en el cual alcanzaron una talla de 30 cm (noviembre para el grupo X y mayo para el grupo Y). Las estimaciones medias corresponden al número medio vivo durante ese primer mes; estas cantidades son iguales a aquellas en la Tabla 22.

Year—Año	Initial—Inicial			Average—Promedio		
	X	Y	X + Y	X	Y	X + Y
1967	21717	38677	60394	21009	37416	58425
1968	24465	26162	50627	23667	25309	48976
1969	28136	28161	56297	27218	27242	54460
1970	35833	27774	63607	34665	26869	61534
1971	20557	28555	49112	19886	27624	47510
1972	17384	38114	55498	16817	36871	53688
1973	48555	71264	119819	46972	68941	115913
1974	38007	30082	68089	36764	29101	65865
1975	17961	38233	56194	17375	36986	54361
1976	19430	29498	48928	18777	28536	47313
1977	35492	72014	107506	34335	69666	104001
1978	40950	44043	84993	39612	42531	82143
1979	31259	41451	72710	30239	40076	70315
1980	22851	44078	66929	22106	42635	64741
1981	24881	32409	57290	24063	31347	55410
1982	32779	40597	73376	31699	39268	70967
1983	41414	43429	84843	40064	42005	82069
1984	42914	40435	83349	41515	39097	80612
1985	42033	35680	77713	40663	34516	75179
1986	52751	41433	94184	51006	40082	91088
1987	51212	78691	129903	49541	76124	125665
1988	45886	47473	93359	44385	45913	90298
1989	54024	55505	109529	52262	53696	105958
1990	43212	54154	97366	41791	52388	94179
1991	57577	42777	100354	55700	41383	97083
1992	44199	60793	104992	42758	58811	101569
Average Promedio	35980	43519	79499	34803	42094	76897

**TABLE 24.** Average weights of yellowfin during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery.

**TABLA 24.** Peso promedio del aleta amarilla en cada trimestre, a partir del trimestre en el cual fueron reclutados a la pesquería.

Average weight			Average weight			Average weight		
Quarter	lbs.	kg.	Quarter	lbs.	kg.	Quarter	lbs.	kg.
Peso promedio			Peso promedio			Peso promedio		
Trimestre	lbs.	kg.	Trimestre	lbs.	kg.	Trimestre	lbs.	kg.
1	0.84	0.38	10	61.24	27.80	19	224.11	101.75
2	1.80	0.82	11	77.19	35.04	20	240.35	109.12
3	3.52	1.60	12	94.54	42.92	21	255.52	116.01
4	6.33	2.87	13	112.89	51.25	22	269.60	122.40
5	10.58	4.80	14	131.86	59.86	23	282.55	128.28
6	16.60	7.54	15	151.07	68.59	24	294.40	133.66
7	24.62	11.18	16	170.17	77.26	25	305.18	138.55
8	34.76	15.78	17	188.86	85.74	26	314.95	142.99
9	47.01	21.34	18	206.90	93.93	27	323.75	146.98

**TABLE 25.** Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the CYRA and catches and CPDFs for yellowfin in the eastern Pacific Ocean (EPO). The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPDFs are in short tons per day. The catches include all those taken by both surface and longline fishing.

**TABLA 25.** Cuotas, capturas, y CPDP (cerqueros de la Clase 6) de aleta amarilla en el ARCAA y capturas y CPDP de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental (OPO). Se expresan las cuotas y capturas en miles de toneladas cortas, y las CPDP en toneladas cortas por día. Las capturas incluyen todo el pescado capturado con artes de superficie y palangre.

Year	CYRA			EPO	
	Quota	Catch	CPDF	Catch	CPDF
Año	ARCAA			OPO	
	Cuota	Captura	CPDP	Captura	CPDP
1967	84.5	92.1	6.9	99.9	6.8
1968	93.0	120.1	15.9	129.8	16.3
1969	120.0	132.3	16.2	161.6	17.1
1970	120.0	144.5	15.1	186.6	14.0
1971	140.0 + (2 x 10) <sup>1</sup>	114.7	10.1	143.5	10.2
1972	120.0 + (2 x 10)	159.0	15.6	212.3	14.5
1973	130.0 + (3 x 10)	181.7	13.0	239.8	12.6
1974	175.0 + (2 x 10)	194.0	10.1	242.3	10.1
1975	175.0 + (2 x 10)	181.0	8.2	236.7	9.1
1976	175.0 + (2 x 10)	214.4	9.5	277.2	10.1
1977	175.0 + (20 + 15)	204.2	7.9	231.6	8.0
1978	175.0 + (20 + 15)	184.8	6.6	209.4	6.8
1979	175.0 + (20 + 15)	195.3	5.9	219.7	6.0
1980	165.0 + (3 x 15) <sup>2</sup>	147.9	4.9	187.1	5.4
1981	160.0 + (2 x 20) <sup>2</sup>	176.1	6.0	208.6	6.2
1982	160.0 + (2 x 15) <sup>2</sup>	120.4	4.8	147.4	5.3
1983	170.0 + (2 x 15) <sup>2</sup>	93.3	5.4	113.6	5.7
1984	162.0 + (13) <sup>2</sup>	143.7	9.8	170.0	10.0
1985	174.0 + (20 + 10) <sup>2</sup>	216.0	13.1	250.3	13.6
1986	175.0 + (2 x 15) <sup>2</sup>	254.3	16.8	314.9	17.5
1987	none—ninguna	276.8	13.7	314.4	14.0
1988	190.0 + (2 x 30) <sup>2</sup>	295.6 <sup>3</sup>	13.3	332.5 <sup>3</sup>	13.4
1989	220.0 + (2 x 30) <sup>2</sup>	270.0 <sup>3</sup>	12.6	333.9 <sup>3</sup>	13.8
1990	200.0 + (5 x 20) <sup>2</sup>	252.6 <sup>3</sup>	12.9	315.8 <sup>3</sup>	14.0
1991	210.0 + (4 x 20) <sup>2</sup>	243.8 <sup>3</sup>	14.5	276.3 <sup>3</sup>	15.1
1992	210.0 + (4 x 20) <sup>2</sup>	243.8 <sup>3</sup>	14.8	275.8 <sup>3</sup>	15.4

<sup>1</sup> indicates two increments of 10 thousand tons each to be added at the discretion of the Director

<sup>1</sup> señala dos incrementos, de 10 mil toneladas cortas cada uno, que se pueden añadir a discreción del Director

<sup>2</sup> approved, but not implemented

<sup>2</sup> aprobado, pero no puesto en práctica

<sup>3</sup> preliminary estimates

<sup>3</sup> estimaciones preliminares

**TABLE 26.** Logged catches of yellowfin (YFT) and skipjack (SKJ) tuna in three types of purse-seine sets, and total catches of yellowfin and skipjack. The number of dolphin sets differ slightly from those shown in Figure 35 because the values in the figure were obtained from the observer data base.

**TABLA 26.** Capturas registradas de aleta amarilla (YFT) y barrilete (SKJ) en tres tipos de lance cerquero, y capturas totales de aleta amarilla y barrilete. Los números de lances sobre delfines no son idénticos a los mostrados en la Figura 35 porque los valores en dicha figura se obtuvieron de la base de datos de observadores.

Year	Logged sets and catches									Total catches	
	Dolphin			Floating object			Free-swimming				
	Sets	YFT	SKJ	Sets	YFT	SKJ	Sets	YFT	SKJ	YFT	SKJ
Lances y capturas registradas											
Año	Delfin			Objeto flotante			No asociados			Capturas totales	
	Lances	YFT	SKJ	Lances	YFT	SKJ	Lances	YFT	SKJ	YFT	SKJ
1961	3,595	28,524	395	3,368	13,753	14,779	178	679	1,808	115,682	75,468
1962	2,822	17,873	188	7,547	27,947	34,999	108	552	667	87,158	78,256
1963	3,157	16,965	407	8,228	22,103	44,447	124	177	920	72,136	105,333
1964	5,832	34,730	1,013	6,596	30,650	31,777	169	404	608	101,390	65,322
1965	6,031	40,102	823	6,595	17,746	36,757	107	636	641	90,167	86,194
1966	5,325	36,461	1,548	6,059	24,543	30,592	145	978	608	91,513	66,669
1967	3,462	28,291	342	8,632	33,196	75,249	718	1,913	5,382	90,116	132,999
1968	3,753	43,068	561	7,238	42,476	40,043	844	7,312	11,051	115,707	78,385
1969	7,602	98,577	6,738	5,738	21,836	26,324	220	1,589	1,454	146,115	65,109
1970	7,855	100,902	8,021	8,531	45,489	27,782	240	1,386	1,893	173,105	61,752
1971	4,784	72,406	1,212	8,826	32,283	58,296	949	4,151	15,588	136,644	115,432
1972	8,083	129,966	708	4,051	24,851	13,750	577	7,350	5,083	197,665	36,826
1973	8,607	127,922	735	7,517	46,817	17,827	1,001	10,000	6,941	227,494	48,450
1974	7,759	98,297	553	7,443	47,295	28,562	3,384	32,949	32,708	232,594	86,862
1975	7,894	112,712	877	9,482	46,364	54,778	2,694	16,173	32,273	223,773	136,540
1976	7,083	120,375	3,207	10,517	59,562	46,213	4,800	35,625	49,683	261,297	139,070
1977	7,133	90,508	3,294	10,413	57,202	34,391	2,609	19,150	20,777	220,201	95,169
1978	5,098	56,589	1,037	11,082	56,979	47,073	8,418	45,336	97,507	200,032	187,185
1979	7,245	75,911	1,251	12,201	59,789	40,437	5,994	33,243	76,010	210,150	145,531
1980	6,456	67,471	1,948	11,401	49,463	35,066	5,535	29,205	70,447	176,118	143,761
1981	6,618	73,439	490	10,581	59,688	35,582	5,005	25,006	63,711	201,236	131,846
1982	4,940	53,634	370	6,510	27,586	30,814	5,092	23,946	57,188	138,801	108,782
1983	3,583	32,156	1,506	7,630	39,387	23,317	3,057	11,849	26,008	104,879	64,049
1984	5,919	88,089	692	6,784	48,257	17,261	2,278	9,114	34,072	160,511	66,746
1985	10,156	166,416	78	4,721	34,762	25,685	1,430	11,436	21,001	240,310	54,456
1986	8,843	173,858	481	3,682	38,762	15,920	3,370	34,785	38,320	295,639	70,005
1987	11,514	182,922	477	5,088	47,488	24,788	2,596	26,401	28,075	301,527	68,608
1988	10,076	155,923	4,613	9,013	93,471	35,422	2,377	24,042	31,801	317,657	94,137
1989	11,307	191,099	1,299	7,180	59,958	41,036	2,568	26,913	36,985	319,162	102,468
1990	10,269	184,362	818	7,089	54,711	35,365	2,688	34,802	33,167	301,418	80,984
1991	8,897	160,121	868	5,424	50,196	19,414	2,222	23,811	33,530	262,501	70,049
1992	9,425	168,624	1,136	6,023	49,266	31,411	1,826	13,517	44,247	261,097	93,631

**TABLE 27.** Catches of northern bluefin in the Pacific Ocean. The data for Japan are from files of the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan. The Japanese data for 1951-1965 include only large fish (greater than about 15 kg or 33 pounds), while those for 1966-1992 include both small and large fish. The data for the small fish were estimated from the catches of *meji* (small bluefin, yellowfin, and bigeye) by a proration process based upon the catches of large bluefin, yellowfin, and bigeye. The data for the Republic of China (ROC) are from the yearbooks of fisheries statistics of the Taiwan Fisheries Bureau and those for the Republic of Korea (ROK) are from the yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. The data for the catches by sport gear are from California's Living Marine Resources and their Utilization, published by the California Department of Fish and Game. **TABLA 27.** Capturas de atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico. Los datos para Japón provienen de archivos del National Research Institute of Far Seas Fisheries de Japón. Los datos japoneses de 1951-1965 incluyen solamente peces grandes (de más de unos 15 kg o 33 libras), mientras que aquellos de 1966-1992 incluyen también peces pequeños. Se estimaron los datos de los peces pequeños a partir de las capturas de *meji* (patudos y aletas amarillas y azules pequeños) mediante un procedimiento de prorrateo basado en las capturas de ejemplares grandes de estas especies. Los datos de la República de China (ROC) provienen de los registros anuales de estadísticas pesqueras del Taiwan Fisheries Bureau y los de la República de Korea (ROK) provienen de los registros anuales de estadísticas pesqueras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Los datos de las capturas por artes deportivas fueron obtenidos de California's Living Marine Resources and their Utilization, publicado por el California Department of Fish and Game.

Year	Western Pacific			Eastern Pacific		Year	Western Pacific			Eastern Pacific	
	Japan	ROC	ROK	Commercial	Sport		Japan	ROC	ROK	Commercial	Sport
Año	Pacífico occidental			Pacífico oriental		Año	Pacífico occidental			Pacífico oriental	
	Japón	ROC	ROK	Comercial	Depor.		Japón	ROC	ROK	Comercial	Depor.
1951	16,976	*	*	1,931	89	1972	8,632	15	0	14,714	18
1952	12,738	*	331	2,288	2	1973	11,643	36	0	11,845	67
1953	18,269	*	331	4,887	53	1974	20,890	15	0	6,192	72
1954	16,639	*	0	10,513	12	1975	12,317	67	2	10,563	42
1955	21,096	*	220	6,805	102	1976	9,048	19	0	11,735	26
1956	30,580	*	0	6,313	427	1977	13,698	143	0	6,033	23
1957	22,343	*	0	10,158	80	1978	22,422	73	23	5,948	6
1958	9,124	*	0	15,360	11	1979	25,911	64	0	6,744	14
1959	8,669	*	0	7,621	17	1980	22,210	110	0	3,239	9
1960	12,042	*	0	5,977	1	1981	33,132	197	0	1,201	7
1961	11,121	*	0	8,968	28	1982	27,256	225	0	3,472	8
1962	11,384	*	0	12,421	31	1983	19,046	185	0	940	24
1963	10,966	*	0	13,527	9	1984	10,756	525	0	972	35
1964	10,261	*	0	10,161	9	1985	13,028	891	0	4,469	62
1965	12,489	*	0	7,592	1	1986	14,532	162	0	5,604	9
1966	14,866	*	0	17,523	25	1987	21,298	454	47	1,097	23
1967	15,313	57	0	6,491	40	1988	7,531	208	0	1,569	4
1968	18,288	35	0	6,587	15	1989	13,174	356	0	1,289	81
1969	9,945	15	0	7,635	18	1990	5,959	395	0	1,699	47
1970	8,504	0	0	4,372	23	1991	18,652	398	0	509	*
1971	11,074	1	0	9,215	9	1992	11,947	519	*	2,089	*

\* data not available—datos no disponibles



**TABLE 28.** Releases and recaptures of bluefin tagged in the eastern Pacific Ocean during 1958-1980. The 1962-1968 experiments were carried out by the U.S. National Marine Fisheries Service, the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation.

**TABLA 28.** Liberaciones y recapturas de aletas azules marcados en el Océano Pacífico oriental durante 1958-1980. Los experimentos de 1962-1968 fueron llevados a cabo por el National Marine Fisheries Service de los EE.UU., el California Department of Fish and Game, y la Mission Bay Research Foundation.

Release		Recapture															
Year	Number	Year 0		Year 1		Year 2		Year 3		Year 4		Year 5		Unknown		Total	
		East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West
Liberación		Recaptura															
Año	Cantidad	Año 0		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Desconocido		Total	
		Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste
1958	122	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	1
1962	960	86	0	83	0	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	170	5
1963	643	79	0	30	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0
1964	959	107	0	75	0	17	1	0	0	0	2	0	0	0	0	199	3
1966	237	63	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0
1968	35	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
1979	300	35	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	39	1
1980	114	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0
Total	3,370	387	0	196	0	24	4	0	3	0	2	0	1	2	0	609	10

**TABLE 29.** Releases and recaptures of bluefin tagged off Japan during 1980-1988. The abbreviations are as follows: W, western Pacific; C, central Pacific (between 160°E and 130°W); E, eastern Pacific; FSFRL, Far Seas Fisheries Research Laboratory.

**TABLA 29.** Liberaciones y recapturas de aletas azules marcados frente al Japón durante 1980-1988. Se usan las abreviaturas siguientes: O: Pacífico occidental; C: Pacífico central (entre 160°E y 130°E); E: Pacífico oriental; IATTC: Comisión Interamericana del Atún Tropical; FSFRL: Far Seas Fisheries Research Laboratory.

Release			Recapture																	
Year class	Organization	Number	Year 0			Year 1			Year 2			Year 3			Year 4			Total		
			W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E
Liberación			Recaptura																	
Clase anual	Organización	Cantidad	Año 0			Año 1			Año 2			Año 3			Año 4			Total		
			O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E
1979	IATTC	739	-	-	-	157	0	0	33	0	24	9	1	0	3	0	0	202	1	24
1980	IATTC	106	10	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
	FSFRL	802	64	0	0	46	0	0	8	0	4	2	0	0	0	0	0	120	0	4
1981	IATTC	3,297	264	0	0	48	2	24	5	0	1	0	0	0	0	0	0	317	2	25
	FSFRL	1,653	127	0	0	67	3	21	17	0	3	2	0	0	0	0	0	213	3	24
1982	IATTC	237	24	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0
	FSFRL	614	2	0	0	25	0	0	3	0	1	2	0	1	0	0	0	32	0	2
1983	FSFRL	788	8	0	0	111	0	1	9	0	19	1	0	0	0	0	0	129	0	20
1984	FSFRL	1,944	109	0	0	54	0	2	3	0	26	0	0	0	0	0	0	166	0	28
1985	FSFRL	993	1	0	0	84	0	0	10	0	4	1	0	0	-	-	-	96	0	4
1986	FSFRL	863	45	0	0	37	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-	82	0	1
1987	FSFRL	729	35	0	0	10	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	0	1
1988	FSFRL	588	14	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	0	0
Total		13,353	703	0	0	645	5	49	89	0	83	17	1	1	3	0	0	1,457	6	133

**TABLE 30.** Correlations for various combinations of catches of northern bluefin. WPO and EPO stand for western Pacific Ocean and eastern Pacific Ocean, respectively.

**TABLA 30.** Correlaciones para varias combinaciones de capturas de aleta azul norteño. WPO = Océano Pacífico occidental; EPO = Océano Pacífico oriental.

	Correlation	Degrees of freedom	<i>r</i>
	Correlación	Grados de libertad	<i>r</i>
1.	WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.157
2.	WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.442
3.	WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.390
4.	WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.175
5.	WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.322
6.	WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 2	18	-0.460*
7.	EPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	35	0.458*
8.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 1	18	0.843**
9.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 2	17	0.174
10.	WPO, age 1, <i>versus</i> WPO, age 2	18	0.344
11.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 1	17	0.757**
12.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 2	16	0.511*
13.	EPO, age 2, <i>versus</i> WPO, age 0, and WPO, age 2	15	0.746**

\* significant at the 5-percent level—significativo al nivel de 5%

\*\* significant at the 1-percent level—significativo al nivel de 1%

TABLE 31. Growth, weight-length, and fishing mortality data used for estimation of yields per recruit of northern bluefin by the first method described in the text.

TABLA 31. Datos de crecimiento, peso-talla, y mortalidad por pesca usados para estimar rendimientos por recluta de aletas azules norteros usando el primer método descrito en el texto.

Age in years		Equation		Units of measurement		Source					
Edad en años		Ecuación		Unidades de medición		Fuente					
<b>Growth—Crecimiento</b>											
0.1250-1.0037		$L_{t2}0.001 = 581^{0.001} + (L_{t1}^{0.001} - 581^{0.001})e^{0.01184(a_2 \cdot t_1)}$		mm, days—mm, días		IATTC Bull. , Vol. 20, No. 1					
1.0037-5.0000		$L_t = 564 + 0.709\Delta t$		mm, days—mm, días		IATTC Bull., Vol. 20, No. 1					
5.0000-15.0000		$L_t = 1595 + 63.500\Delta t$		mm, years—mm, años		linear interpolation					
<b>Weight-length—Peso-talla</b>											
0.1250-0.6250		$w = (2.87819 \times 10^{-9})/^{3.33350}$		mm, kg		IATTC Spec. Rep., No. 7					
0.6250-15.0000		$w = (1.92917 \times 10^{-7})/^{2.79464}$		mm, lb—mm, lb		IATTC Spec. Rep., No. 7					
<b>Fishing mortality—Mortalidad de pesca</b>											
<b>First-year migrants—Emigrantes del primer año</b>											
Year 0		Year 1		Year 2		Years 3 and 4		Year 5		Subsequent years	
Año 0		Año 1		Año 2		Años 3 y 4		Año 5		Años subsiguientes	
May 16-Jun. 30	0.0	Jan.-Jun.	0.0	Jan.-Mar.	0.0	Jan.-Dec.	0.0	Jan.1-May 15	0.5	Jan.-Dec.	1.0
Jul.	0.5	Jul.-Sep.	1.0	Apr.-Jun.	0.5			May 16-Dec. 31	1.0		
Aug.-Sep.	1.0	Oct.-Dec.	0.5	Jul.-Sep.	1.0						
Oct.-Dec.	0.5			Oct.-Dec.	0.5						
<b>Second-year migrants—Emigrantes del segundo año</b>											
Year 0		Year 1		Year 2		Years 3 and 4		Year 5		Subsequent years	
Año 0		Año 1		Año 2		Años 3 y 4		Año 5		Años subsiguientes	
May 16-Jun. 30	0.0	Jan.-Sep.	1.0	Jan.-Mar.	0.0	Jan.-Dec.	0.0	Jan. 1-May 15	0.5	Jan.-Dec.	1.0
Jul.	0.5	Oct.-Dec.	0.5	Apr.-Jun.	0.5			May 16-Dec. 31	1.0		
Aug.-Dec.	1.0			Jul.-Sep.	1.0						
				Oct.-Dec.	0.5						

**TABLE 32.** Annual coefficients of fishing mortality ( $F$ ) for bluefin tuna, derived from cohort analyses and used in the second method of estimating the yield per recruit described in the text.

**TABLA 32.** Coeficientes anuales de mortalidad por pesca ( $F$ ) de atunes aleta azul, derivados de análisis de cohortes y usados en el segundo método de estimar el rendimiento por recluta descrito en el texto.

Annual coefficient of natural mortality = 0.2			Annual coefficient of natural mortality = 0.3		
Year	Quarter	$F$	Year	Quarter	$F$
Coeficiente anual de mortalidad natural = 0.2			Coeficiente anual de mortalidad natural = 0.3		
Año	Trimestre	$F$	Año	Trimestre	$F$
0	3	2.20	0	3	1.81
	4	0.89		4	0.70
1	1	0.13	1	1	0.10
	2	0.50		2	0.40
	3	1.66		3	1.24
	4	0.47		4	0.33
2	1	0.07	2	1	0.05
	2	0.91		2	0.64
	3	1.83		3	1.23
	4	0.30		4	0.19
3	1	0.09	3	1	0.06
	2	0.31		2	0.22
	3	0.71		3	0.49
	4	0.17		4	0.11
4	1	0.09	4	1	0.06
	2	0.28		2	0.20
	3	0.61		3	0.42
	4	0.15		4	0.11
5	1	0.10	5	1	0.07
	2	0.32		2	0.22
	3	0.72		3	0.50
	4	0.20		4	0.13
6	1	0.10	6	1	0.07
	2	0.34		2	0.22
	3	0.72		3	0.46
	4	0.18		4	0.11
7	1	0.12	7	1	0.07
	2	0.39		2	0.25
	3	0.83		3	0.52
	4	0.21		4	0.13
8	1	0.12	8	1	0.07
	2	0.39		2	0.25
	3	0.83		3	0.50
	4	0.21		4	0.12
9	1	0.11	9	1	0.07
	2	0.37		2	0.22
	3	0.78		3	0.46
	4	0.20		4	0.11
10	1	0.13	10	1	0.08
	2	0.43		2	0.26
	3	0.90		3	0.53
	4	0.22		4	0.13

**TABLE 33.** Annual catches of bigeye, in short tons, by all gear in the Pacific Ocean and by surface and longline gear in the eastern Pacific Ocean. The 1992 data are preliminary.

**TABLA 33.** Capturas anuales de patudo, en toneladas cortas, logradas por todas las artes en el Océano Pacífico, y por artes de superficie y palangre en el Océano Pacífico oriental. Los datos de 1992 son preliminares.

Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear	Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear
	Surface	Longline			Surface	Longline	
Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes	Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes
	De superficie	Palangre			De superficie	Palangre	
1954	303	2,187		1974	981	48,669	98,533
1955	129	2,459		1975	4,104	54,762	115,100
1956	44	3,271		1976	11,228	61,348	139,500
1957	75	13,175		1977	7,777	81,333	158,718
1958	256	14,389		1978	12,912	82,015	129,986
1959	165	16,231		1979	8,303	75,098	138,908
1960	202	25,562		1980	16,999	78,928	145,184
1961	235	72,942		1981	11,124	54,951	114,919
1962	361	63,503		1982	4,522	50,632	120,617
1963	83	89,677		1983	3,593	63,775	122,775
1964	75	56,889	92,900	1984	6,539	50,285	113,753
1965	130	37,346	75,700	1985	4,996	62,874	136,991
1966	294	42,175	85,000	1986	2,137	84,487	165,568
1967	1,834	43,716	87,900	1987	850	99,049	165,897
1968	2,820	43,072	73,900	1988	1,161		133,317
1969	635	63,631	87,900	1989	1,621		141,149
1970	1,469	40,519	83,800	1990	5,233		182,003
1971	2,829	34,902	74,700	1991	4,117		161,848
1972	2,467	43,006	98,000	1992	5,509		
1973	2,181	61,170	98,400				

**TABLE 34.** Data on tagged bigeye at liberty for long periods of time. The lengths are given in centimeters and the distances in nautical miles.  
**TABLA 34.** Datos de patudos marcados en libertad durante largos períodos. Se expresan las tallas en centímetros y las distancias en millas náuticas.

Release			Recapture			Distance	Days free	Direction	Reference
Area	Date	Length	Area	Date	Length				
Liberación			Recaptura			Distancia	Días en libertad	Dirección	Referencia
Area	Fecha	Talla	Area	Fecha	Talla				
30°59'N-171°14'W	Jan. 31, 1955	122.3	32°41'N-155°57'W	Nov. 24, 1955	126.8	785	298	82	1
30°59'N-171°14'W	Jan. 31, 1955	109.0	29°50'N-177°50'W	Feb. 2, 1956	127.5	348	368	259	2
32°59'N-143°19'E	May 31, 1958	82	29°15'N-133°45'E	Nov. 11, 1959	110-115	540	530	255	2
32°59'N-143°19'E	May 31, 1958	81	35°27'N-141°10'E	Jan. 17, 1960	119	182	597	324	2
3°18'N-90°50'W	May 6, 1967	80	2°12'S-81°01'W	Jan. 13, 1968	?	664	253	117	IATTC, unpublished
3°18'N-90°50'W	May 12, 1967	50	4°32'N-107°50'W	Jun. 18, 1969	128.0	1,020	769	274	3
Cairns, Australia	1986	—	Solomon Islands	—	—	ca. 1,500	ca. 1,650	ca. 45	4
Cairns, Australia	1986	—	Gilbert Islands	—	—	ca. 2,000	31 mos.	ca. 45	4
Cairns, Australia	1986	—	Line Islands	—	—	ca. 3,600	43 mos.	ca. 60	4

1 Pacif. Sci., 10 (2): 236

2 Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 25: 75-80

3 IATTC, Ann. Rep., 1969: 28

4 Austral. Fish., 51 (6): 24





## **INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1992**

### **INTRODUCCION**

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio suscrito originalmente por Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de cualquier país cuyos ciudadanos pesquen atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental. Bajo esta estipulación, la República de Panamá se afilió en 1953, Ecuador en 1961, México en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, y Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978, Costa Rica en 1979, y Canadá en 1984. Costa Rica se adhirió de nuevo al Convenio en 1989; y Vanuatu y Venezuela se hicieron miembros de la Comisión en 1990 y 1992, respectivamente.

Las obligaciones principales de la Comisión bajo el Convenio son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar los efectos de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia, y (2) recomendar las medidas de conservación apropiadas para que los stocks de peces puedan mantenerse a niveles que permitan capturas máximas sostenibles.

En 1976 se ampliaron las obligaciones de la Comisión para abarcar los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Los objetivos acordados en torno a esta cuestión son: "[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad; [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca". Los puntos específicos de participación son: (1) vigilar la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental a la pesca, mediante la toma de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) realizar reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) analizar los índices de abundancia de los delfines; y (4) proceder al entrenamiento e investigación sobre las artes de pesca y el comportamiento de los delfines.

Para cumplir con estos objetivos, la Comisión realiza un amplio programa de estudios en el mar, en los puertos donde se desembarca el atún, y en el laboratorio. Dichos estudios son llevados a cabo por un equipo internacional permanente de investigadores y técnicos (Anexo 1), contratados por el Director, quién responde directamente ante la Comisión.

El programa científico se encuentra en su cuadragésimosegundo año. Los resultados de las investigaciones son publicados en inglés y español, los dos idiomas oficiales, en la serie de Boletines de la Comisión. En un Informe Anual, asimismo bilingüe, se describen las actividades realizadas en el año en cuestión. Se publican otros estudios en la serie de Informes Especiales de la Comisión, en libros, revistas científicas externas, y en publicaciones comerciales.

## REUNIONES DE LA COMISION

### ***Reunión especial de la CIAT el 21-23 de abril, 1992***

La CIAT celebró una reunión especial en La Jolla, California (EE.UU.) del 21 al 23 de abril de 1992, en la cual se discutieron los objetivos de la CIAT sobre la protección de delfines y la investigación necesaria para realizarlos. El Sr. Brian Hallman de los Estados Unidos sirvió como Presidente. Asistieron representantes de seis de los siete gobiernos miembros, así como observadores de Colombia, España, Italia, México, Venezuela, la American Cetacean Society, el Animal Protection Institute of America, el Center for Marine Conservation, Earth Island Institute, Greenpeace, la Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio, y la Whale and Dolphin Conservation Society.

Se aprobó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Exámen de la pesquería atún-delfín
4. Discusión de los objetivos de la CIAT con respecto a la conservación de los delfines
5. Consideración de requisitos de investigación necesarios para lograr los objetivos
6. Recomendaciones
7. Otros asuntos
8. Clausura

Se aprobó una resolución sobre la aprobación de un programa multilateral para reducir el número de mortalidades de delfines en la pesquería del Océano Pacífico oriental. El texto de esta resolución es como sigue:

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) y los gobiernos observadores participantes detallados en el Anexo I:*

*Teniendo en cuenta* el acuerdo de los gobiernos expresado en las resoluciones de las reuniones intergubernamentales celebradas en San José, Costa Rica, en septiembre de 1990, y La Jolla, California, en enero de 1991, para establecer un programa internacional tendiente a la reducción de la mortalidad incidental de delfines capturados en asociación con atunes en la pesquería cerquera del Océano Pacífico oriental (OPO);

*Teniendo también en cuenta y afirmando* los objetivos del programa internacional, los que incluyen lograr, a corto plazo, una reducción significativa de la mortalidad de delfines incidental a dicha pesquería y, a más largo plazo, una reducción de dicha mortalidad a niveles insignificantes cercanos a cero y, en caso posible, la eliminación completa de dicha mortalidad;

*Notando que*, de acuerdo con los objetivos de las resoluciones arriba mencionadas, ya se ha logrado una reducción significativa de la mortalidad de delfines;

*Resuelven:*

- Adoptar un programa multilateral con los objetivos de (1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en la pesquería del OPO a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales y (2), con el objetivo de eliminar la mortalidad de delfines en dicha pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla grandes no asociados con delfines y al mismo tiempo mantener las poblaciones de atún aleta amarilla en el OPO a un nivel que permita capturas máximas sostenibles año tras año;

*Resuelven además*

- Continuar el actual programa internacional y, en los casos apropiados, los programas nacionales individuales, de asignar un observador a cada viaje realizado por barcos cerqueros de capacidad de acarreo superior a las 400 toneladas faenando en el OPO y, a partir de 1993, asegurar que al menos la mitad de los observadores asignados cada año por cada nación sean de la CIAT;
- Fijar límites anuales sobre la mortalidad total de delfines en el OPO, como sigue:

Año	Límite	Porcentaje de la mejor estimación de la población actual de delfines manchados, tornillos, y comunes
1993	19,500	0.30
1994	15,500	0.24
1995	12,000	0.19
1996	9,000	0.14
1997	7,000	0.11
1998	6,500	0.10
1999	<5,000	<0.08

- Asegurar el cumplimiento de estos límites mediante un mecanismo a acordar antes del 1 de julio de 1992; - Dar seguimiento a las tendencias en la abundancia de stocks específicos de delfines y tomar medidas de protección de los mismos, en caso necesario;
- Establecer un panel para revisar e informar sobre el cumplimiento por parte de la flota internacional con los límites de mortalidad arriba detallados, y hacer recomendaciones adecuadas; las funciones y responsabilidades del panel serán definidas en la quincuagésima reunión de la CIAT;
- Proporcionar a la CIAT, con prontitud, datos resumidos reunidos por programas nacionales de observadores; de la misma manera, la CIAT proveerá información, dentro de sus normas de confidencialidad, a los gobiernos;
- Ampliar los programas actuales de la CIAT de capacitación y revisión de equipo para garantizar el uso de los mejores métodos de pesca y tecnología de arte de pesca actualmente disponibles;
- A la luz de las investigaciones actualmente en progreso, detalladas en el Anexo II, iniciar investigaciones tendientes a adaptar la tecnología actual para garantizar que los objetivos de reducción puedan ser logrados, y buscar métodos alternativos, que no impliquen cercar delfines, para capturar atunes aleta amarilla grandes, con énfasis particular en el uso de balsas para atraer atunes grandes, prestando especial atención a métodos de este tipo usados en otros océanos, y estudiar el impacto en el ecosistema que tendrá el alcanzar las reducciones de mortalidad de delfines;
- Procurar la obtención de fondos para la investigación a un nivel suficiente como para lograr los objetivos de esta resolución, a través de los proyectos detallados en el Anexo II;
- Establecer dentro de la CIAT un Consejo Asesor de especialistas técnicos de las comunidades internacionales de científicos, agencias gubernamentales, grupos

ambientalistas, y la industria pesquera, a fin de asesorar al Director de la CIAT en esfuerzos por coordinar, facilitar, y guiar la investigación. Las funciones y responsabilidades del Consejo Asesor serán definidas en la quincuagésima reunión de la CIAT.

#### ANEXO I.

España, México, Venezuela.

#### ANEXO II.

I. PROYECTOS DE INVESTIGACION ACTUALMENTE EN PROGRESO		(En US\$)
Métodos que no implican seguir ni cercar delfines		
Estudio de viabilidad de las balsas para agregar peces (FAD)		212,000
Detección y telemetría con luz (LIDAR) (Ejecución a junio de 1992)		80,000
Oceanografía (Ejecución a septiembre de 1993)		135,000
Estudio de hábitos tróficos (Ejecución a enero de 1994)		200,000
Asociación atún-delfín		
(Ejecución a noviembre de 1992)		175,000
(Fondos adicionales para el flete de un barco)		600,000
TOTAL		1,402,000
II. PROYECTOS DE INVESTIGACION PROPUESTOS		
A. Modificaciones de la tecnología cerquera actual		
	AÑO 1	AÑO 2
Perfilador de corrientes	190,000	
Panel de Freitas	100,000	100,000
Aparejo para alzar la red	100,000	100,000
Lanchas de rescate de delfines	50,000	
	(Incluido en el presupuesto)	
Taller de ingeniería	100,000	
Consultor de la FAO sobre redes de cerco	(Incluido en el presupuesto)	
Sistema de filmación subacuática	75,000	
Modificación de la red de cerco	(Incluido en el presupuesto)	
TOTAL (ambos años)		865,000
B. Métodos involucrando delfines, pero no el cercar los mismos		
Técnicas de arrastre en pareja	(No contemplado)	
Separación por métodos acústicos	(No contemplado)	
Separación por otros métodos	(No contemplado)	
Estudio de hábitos tróficos (ver más adelante)		
C. Métodos que no implican seguir ni cercar delfines		
Ampliación del programa de balsas (FAD)		4,070,000
Estudios de pesca con palangre y carnada	(Incluido en el presupuesto)	
1) Estudios de la pesca con carnada		
2) Estudios económicos		
Varios otros proyectos sobre la asociación entre atunes y objetos flotantes que serían relevantes al proyecto de balsas (FAD) se detallan en el informe del Taller sobre la Ecología y las Pesquerías de Atunes Asociados con Objetos Flotantes (disponible a petición); sin embargo, todavía no se han preparado planes ni presupuestos.		

D. Otros estudios

Establecer Consejo Científico Asesor de especialistas internacionales - US\$ 50.000 por año (ver arriba).

**50a Reunión de la CIAT**

La Comisión celebró su quincuagésima reunión en La Jolla, California, EE.UU., del 16 al 18 de junio de 1992. El Sr. Herbert Nanne Echandi de Costa Rica sirvió como Presidente de la reunión. Asistieron representantes de los ocho gobiernos miembros, así como observadores de Colombia, Ecuador, España, México, Rusia, las Seychelles, Taiwan, la Comunidad Económica Europea, la Organización Latinoamérica de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la Asociación Robin des Bois, el Center for Marine Conservation, Earth Island Institute, Greenpeace, la Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio, y la Whale and Dolphin Conservation Society.

Se aprobó la agenda siguiente

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Examen de la investigación atunera actual
4. El año pesquero 1991
5. Condición de los stocks de atunes
6. Examen del Programa Atún-Delfín
7. Recomendaciones para 1992
8. Programa de investigación y presupuesto recomendado para el AF 1993-1994
9. Fecha y sede de la próxima reunión
10. Nombramiento de funcionarios
11. Otros asuntos
12. Clausura

La reunión de la Comisión fue suspendida temporalmente el 17 de junio de 1992, y se convocó a una reunión intergubernamental, con la participación de todos los representantes nacionales en la reunión de la Comisión. Se adoptó un acuerdo sobre la conservación de los delfines en el Océano Pacífico oriental (Anexo 2, páginas 303-309).

Después de clausurar la reunión intergubernamental el 18 de junio, se reanudó la reunión de la Comisión, y se tomaron las siguientes acciones:

(1) Se aprobó una resolución relativa a la protección de delfines en el Océano Pacífico oriental. El texto de esta resolución es la siguiente

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) recuerda y reafirma la resolución adoptada durante la Reunión Especial de la CIAT celebrada en La Jolla, California, del 21 al 23 de abril de 1992, de adoptar un programa multilateral con los objetivos de (1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en la pesquería del Océano Pacífico oriental (OPO) a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales y (2), con el objetivo de eliminar la mortalidad de delfines en dicha pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla grandes no asociados con delfines y al mismo tiempo mantener las poblaciones de atún aleta amarilla en el OPO a un nivel que permita capturas máximas sostenibles año tras año, y de limitar y, en caso posible, eliminar la mortalidad de delfines en la pesquería del OPO como sigue:*

Año	Límite	Porcentaje de la mejor estimación de la población actual de delfines manchados, tornillos, y comunes é
1993	19,500	0.30
1994	15,500	0.24
1995	12,000	0.19
1996	9,000	0.14
1997	7,000	0.11
1998	6,500	0.10
1999	<5,000	<0.08

Resolvió además establecer un Panel de Revisión para revisar e informar sobre el cumplimiento por parte de la flota internacional con los límites de mortalidad arriba detallados y hacer recomendaciones adecuadas, y establecer dentro de la CIAT un Consejo Asesor de especialistas técnicos de las comunidades internacionales de científicos, agencias gubernamentales, grupos ambientalistas, y la industria pesquera, a fin de asesorar al Director de la CIAT en esfuerzos por coordinar, facilitar, y guiar la investigación.

Por lo cual:

*La CIAT resuelve que:*

1. Cada parte de esta Resolución proveerá al Director de la CIAT, antes del 1 de octubre de 1992, una relación de los barcos cerqueros de capacidad de acarreo superior a las 400 toneladas cortas bajo su jurisdicción que dicha parte tiene razones para creer que realizarán lances sobre atunes asociados con delfines en el OPO en 1993 y a cada uno de los cuales la parte desea le sea asignado un Límite de Mortalidad de Delfines (LMD) para ese año.
2. El Panel de Revisión que será establecido de acuerdo con la Resolución de abril de 1992, cuyos deberes, funciones, y responsabilidades se definen en el Anexo I, asignará, antes del 1 de noviembre de 1992, un LMD a cada barco que determine que está "calificado" para un LMD de acuerdo con el Inciso 1 ("barcos calificados"). Cada LMD para 1993 será equivalente a 19,500 dividido por el número total de barcos calificados.
3. Cada parte podrá en fecha posterior ajustar, hacia arriba o hacia abajo, los LMD de sus barcos calificados, siempre que a ningún barco le sea asignado un LMD ajustado en exceso del 15 por ciento por encima del LMD original y que los LMD colectivos para la flota de ese país no excedan los LMD colectivos de ese país antes de ser ajustados. Todo ajuste será realizado antes del 1 de diciembre de 1992. Los LMD asignados el 1 de diciembre de 1992 serán aplicados durante 1993.
4. Todo barco al que se le haya asignado un LMD para 1993 y que no utilice ninguna parte del mismo antes del 1 de junio de 1993, o que abandone la pesquería, perderá su derecho a utilizar su LMD durante el resto del año. La CIAT mantendrá registros de todo LMD no utilizado.
5. Cada parte en esta Resolución proveerá al Director de la CIAT, antes del 1 de abril de 1993, los nombres de los barcos cerqueros a los cuales no se asignó un LMD bajo el Inciso 2 y a los cuales desea que se les asigne un LMD para los últimos seis meses de 1993. Los LMD de aquellos barcos de este grupo que estén califica-

dos serán asignados por el Director de la CIAT, tras consultas con los miembros del Panel de Revisión con voto, lo antes posible después del 1 de junio de 1993. El LMD de cualquiera de estos barcos será calculado dividiendo la suma de los LMD no utilizados por el número total de solicitudes. Sin embargo, el LMD de cualquiera de estos barcos no deberá superar la mitad del LMD calculado de acuerdo con el Inciso 2

6. Para un barco que exceda su LMD durante 1993, su exceso será restado del LMD asignado a ese barco durante 1994 y, si este exceso superara el LMD para 1994, entonces será restado de los LMD subsiguientes a 1994, tal como corresponda.
7. Solamente los barcos faenando bajo la jurisdicción de gobiernos miembros de la CIAT o partes de un acuerdo aprobado en una Reunión Intergubernamental celebrada en La Jolla, California, el 18 de junio de 1992, serán elegibles para un LMD
8. Se asegurará el cumplimiento de los límites de mortalidad incidental total de delfines en el OPO para los años 1994 a 1999 mediante los mecanismos arriba establecidos para 1993, con las modificaciones debidas en caso necesario.
9. La CIAT revisará y evaluará los mecanismos de cumplimiento para 1993 antes del 1 de julio de 1993.
10. Se tomarán medidas con respecto a la administración de stocks individuales de delfines de acuerdo con el Anexo II.
11. El Consejo Científico Asesor de expertos técnicos para coordinar, facilitar, y guiar la investigación será establecido y funcionará de acuerdo con lo expuesto en el Anexo III.
12. Cada parte requerirá que barcos de capacidad de acarreo superior a 400 toneladas cortas bajo su jurisdicción que faenan en el OPO lleven un observador durante cada viaje de pesca en 1993. Un mínimo de 50 por ciento de estos observadores serán del programa de observadores de la CIAT
13. Cada parte permitirá a los observadores reunir toda la información pertinente necesaria para lograr los objetivos de esta Resolución.
14. Cada parte requerirá que el observador informe al capitán del barco al cual está asignado cuando se alcance el LMD y cuando el barco deba cesar de pescar atunes aleta amarilla asociados con delfines.
15. Cada parte en esta Resolución requerirá que un barco cese de pescar sobre delfines en el OPO cuando haya alcanzado su LMD.
16. Se encarga al Director de la CIAT difundir y de otras formas hacer público el contenido de esta Resolución a la comunidad internacional.

*La CIAT recomienda que todos los países miembros trabajen con diligencia para lograr los objetivos de esta Resolución.*

## ANEXOS

Anexo I.

### EL PANEL DE REVISION

#### I. OBJETIVOS

Se establece este Panel de Revisión de acuerdo con lo recomendado por la Resolución aprobada en la Reunión Especial de la CIAT celebrada del 21 al 23 de abril de

1992, para revisar e informar sobre el cumplimiento por parte de la flota internacional con los límites de mortalidad detallados y hacer recomendaciones adecuadas.

## II. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES:

El Panel de Revisión deberá:

1. Compilar cada año una relación de barcos calificados para los Límites de Mortalidad de Delfines (LMD) y asignar los LMD para cada año desde 1993 hasta 1999.
2. Revisar todos los viajes realizados en el Océano Pacífico oriental (OPO) por barcos cerqueros de capacidad de acarreo mayor de 400 toneladas cortas.
3. Identificar toda infracción de acuerdos concernientes a la mortalidad de delfines, incluido el presente Acuerdo, y de una resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT.
4. Informar a los gobiernos partes de dicho Acuerdo o esta Resolución de las infracciones cometidas por barcos bajo su jurisdicción.
5. Recibir de los gobiernos partes de dicho Acuerdo o esta Resolución y cuyos barcos pescan atunes en asociación con delfines en el Océano Pacífico oriental información sobre sus acciones en respuesta a infracciones reportadas para los propósitos de monitorear el cumplimiento.
6. Recomendar a todos estos gobiernos un sistema estandarizado de certificación de capitanes y mantener registros de aquellos que han sido capacitados adecuadamente y que se sujetan a los objetivos de dicho Acuerdo o esta Resolución.
7. Recomendar a todos estos gobiernos sanciones para capitanes individuales, armadores, y observadores que sean consistentes con los objetivos de dicho Acuerdo o esta Resolución, adecuadas para las infracciones, y estandarizadas entre países.
8. Recomendar a todos estos gobiernos normas mínimas para el aparejo de pesca, actualizarlo de acuerdo con avances tecnológicos, y mantener registros de aquellos barcos que llevan todo el equipo necesario para reducir la mortalidad de delfines y que han realizado los procedimientos requeridos para mantener al barco y al equipo en buenas condiciones de funcionamiento.
9. Recomendar a todos estos gobiernos acciones que se tomarían para asegurar el cumplimiento de dicho Acuerdo y esta Resolución por cualquier país no parte de los mismos que esté realizando las faenas de pesca de forma inconsistente con dicho Acuerdo o esta Resolución.
10. Publicar un Informe Anual que:
  - a) Revise la operación del programa y recomiende a estos gobiernos acciones acerca de modificaciones y actualizaciones del cumplimiento consistentes con los objetivos de dicho Acuerdo o esta Resolución.
  - b) Resuma todas las infracciones identificadas y las acciones tomadas.



### III. COMPOSICION DEL PANEL

El Panel de Revisión será integrado por nueve miembros, cinco de los cuales serán representantes de gobiernos participantes y con barcos participantes en la pesquería. Los demás miembros del Panel consistirán de dos representantes de organizaciones ambientalistas y dos representantes de la industria atunera, que serán seleccionados por los representantes gubernamentales del Panel. Los cinco representantes gubernamentales tendrán voto; los cuatro representantes no gubernamentales serán miembros sin voto. La CIAT proporcionará una Secretaría sin voto para el Panel.

### IV. OPERACION DEL PANEL

El Panel adoptará un Reglamento de Procedimiento para sus actividades en su primera reunión. Después de cada reunión se pondrá a disposición del público un informe sobre las infracciones y asuntos relacionados. El Panel preparará un informe anual sobre sus actividades. Las reuniones del Panel no estarán abiertas al público, y sus miembros no divulgarán ninguna información sobre barcos y personas individuales derivada de registros de revisión o de reuniones del Panel. La información acerca del cumplimiento con las disposiciones del acuerdo será hecha pública por medio de los Informes del Panel.

---

#### Anexo II.

Se deben tomar medidas de protección para los distintos stocks, como sigue:

- i) Si la mortalidad incidental de cualquier stock supera el 2% de la estimación más actual de abundancia absoluta (EAA), pero es menos del 4% de la EAA de ese stock, se emitirá un aviso a todas las flotas;
- ii) Si la mortalidad incidental de cualquier stock supera el 2% de la EAA pero es menos del 4% en dos años consecutivos, se prohibirán durante un año lances sobre ese stock, ya sea en manadas que contienen solamente individuos de ese stock o en manadas mixtas;
- iii) Si la mortalidad incidental de cualquier stock alcanza o supera el 4% de la EAA en un año dado, se prohibirán completamente los lances sobre ese stock en el año siguiente;
- iv) Si la mortalidad incidental de cualquier stock supera el 6% de la EAA, la prohibición de lances permanecerá en vigor durante tres años; para el 8%, cuatro años; y para el 10%, cinco años.

Se propone que las EAA de los stocks de delfines del OPO presentados por Wade y Gerrodette a la CBI en 1992, y basados en datos de barcos de investigación del NMFS en el período de 1986-1990, sean usadas para todos estos cálculos hasta que la CIAT decida las cifras actualizadas a usar. Estas actualizaciones podrían resultar del análisis de datos provenientes de futuros cruceros de investigación, de la calibración de los índices de abundancia relativa con las estimaciones de abundancia absoluta, o de mejoras en la metodología aplicada a los datos actualmente disponibles. El valor de 2% para el reclutamiento neto anual máximo debería también ser cambiado si se desarrollan estimaciones mejores.

## ANTECEDENTES

En los últimos años ha ido disminuyendo la mortalidad de todos los stocks de delfines involucrados en la pesquería, y desde 1991 la tasa de mortalidad de cada uno de los stocks ha sido inferior al 1% de las estimaciones más recientes de su abundancia absoluta media de 1986-1990. La estimación más conservadora de la tasa máxima de reclutamiento neto anual de delfines es 2%, por lo que tasas de mortalidad incidental inferiores a este nivel no deberían perjudicar la recuperación de los stocks.

La mortalidad incidental de los distintos stocks de delfines en 1991 (basada en mortalidad por lance) es como sigue:

Stock	Abundancia de la población <sup>1</sup>	Mortalidad incidental	Mortalidad porcentual
Manchado nororiental	738,100		
Manchado occidental y/o sureño	1,299,300		
Todos manchados (excepto costero)	2,037,400	13,991	0.69
Tornillo oriental	632,700	5,879	0.93
Tornillo panza blanca	1,020,100	2,974	0.29
Común norteño	477,000	161	0.03
Común central	415,600	3,182	0.77
Común sureño	2,211,500	115	0.01
Otros delfines	2,729,100	990	0.04
Todos	9,523,400	27,292	0.29

<sup>1</sup> Wade y Gerrodette (remitido a la Comisión Ballenera Internacional, 1992)

Anexo III.

## EL CONSEJO CIENTIFICO ASESOR

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, en su Reunión Especial celebrada en La Jolla, California, el 21 al 23 de abril de 1992, llegó a un acuerdo sobre un programa multilateral con los objetivos de (1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en la pesquería del OPO a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales y (2), con el objetivo de eliminar la mortalidad de delfines en dicha pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla grandes no asociados con delfines y al mismo tiempo mantener las poblaciones de atún aleta amarilla en el OPO a un nivel que permita capturas máximas sostenibles año tras año.

Basándose en la recomendación del personal científico de la CIAT, los gobiernos participantes aprueban el establecimiento de un Consejo Científico Asesor de especialistas técnicos para asistir al Director en asuntos referentes a investigaciones para (a) modificar la tecnología cerquera actual a fin de reducir la posibilidad de que cause mortalidad de delfines y (b) buscar métodos alternativos de capturar atunes aleta amarilla grandes.

Las funciones y responsabilidades del Consejo serán:

- 1) Reunirse al menos una vez al año.
- 2) Revisar planes, propuestas, y programas de la Comisión a fin de lograr los objetivos (1) y (2), detallados en el inciso 1 de este documento.
- 3) Asesorar al Director en el diseño, facilitación, y dirección de investigaciones para lograr los objetivos (1) y (2) expuestos en el primer párrafo de este documento.
- 4) Ayudar al Director en la busca de fuentes de financiación para estas investigaciones.
- 5) Recomendar al Director otras medidas y acciones que se pudieran tomar para facilitar el cumplimiento de los objetivos del programa de conservación de delfines definido en la Resolución de la Reunión Especial de la CIAT celebrada en La Jolla en abril de 1992.

El Consejo será formado por un máximo de 10 personas, seleccionadas de la comunidad internacional de científicos, expertos en artes de pesca, industriales, y ambientalistas. Los miembros serán seleccionados por el Director, en base a su pericia técnica, y sujeto a la aprobación de la CIAT y los gobiernos participantes.

La secretaría del Consejo será proporcionada por la CIAT.

(2) El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 210,000 toneladas cortas en el Area de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA) en el año pesquero 1992, con la opción de aumentar dicho límite por hasta cuatro incrementos de 20,000 toneladas cada uno, debido a la incertidumbre acerca de la composición por talla del pescado en la captura durante el resto del año. En el Documento N° 2 preparado para la reunión, y disponible de la Comisión a petición, se presentan las razones de esta recomendación. La Comisión aprobó la resolución siguiente con respecto a un programa de conservación de aleta amarilla en 1992:

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical*, teniendo la responsabilidad del estudio científico de los atunes y especies afines del Océano Pacífico oriental, y de formular recomendaciones a las Altas Partes Contratantes con respecto a dichos recursos, y habiendo mantenido desde 1950 un programa científico ininterrumpido dedicado al estudio de dichos recursos,

*Observa* que el recurso de atún aleta amarilla en el Pacífico oriental sostiene a una de las pesquerías de atunes con artes de superficie más importantes del mundo, y

*Reconoce*, con base en la experiencia previa en esta pesquería, que existe la posibilidad de reducir la producción potencial del recurso si el esfuerzo de pesca es excesivo;

*Tiene presente* que el cumplimiento satisfactorio del programa de conservación entre 1966 y 1979 mantuvo los stocks de aleta amarilla a altos niveles de abundancia, y

*Nota* que de 1980 a 1991, excepto 1987, a pesar de no haberse establecido programas de conservación, el personal científico de la Comisión recomendó medidas de conservación a los Comisionados, quienes a su vez aprobaron dichas medidas para recomendación a sus gobiernos respectivos, y

*Observa* que, a niveles actuales de abundancia y de capacidad de la flota, es posible sobreexplotar el stock de aleta amarilla,

*Concluye* que se debería ejecutar una limitación de la captura de aleta amarilla en 1992.

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por lo tanto a las Altas*

*Partes Contratantes* que se establezca para el año civil 1992 una cuota de 210,000 toneladas cortas sobre la captura total del atún aleta amarilla del ARCAA (definida en la resolución adoptada por la Comisión el 17 de mayo de 1962), y que se autorice al Director a aumentar este límite por un máximo de cuatro incrementos de 20,000 toneladas cortas cada uno, si el análisis de los datos disponibles le lleva a la conclusión que estos incrementos no perjudicarían el stock de forma sustancial, y

*Recomienda finalmente* que todas las naciones miembros y demás naciones interesadas trabajen con diligencia por lograr el cumplimiento de este programa de conservación del atún aleta amarilla en 1992.

(3) La Comisión aprobó un presupuesto recomendado de US\$4,743,000 para el año fiscal 1993-1994, y un presupuesto suplementario de \$4,520,000 para las actividades relacionadas con el programa atún-delfín, que sería gastado durante los años fiscales 1993-1994 y 1994-1995.

(4) La Comisión acordó que su próxima reunión tendría lugar en Port Vila, Vanuatu, a mediados de junio de 1993.

(5) La Comisión eligió al Sr. Richard Carpenter de Vanuatu y al Sr. Francisco Herrera Terán de Venezuela como Presidente y Secretario, respectivamente, de la próxima reunión de la CIAT.

### ***Primera reunión del Panel Internacional de Revisión***

La primera reunión del Panel Internacional de Revisión (PIR) de la Comisión Interamericana del Atún Tropical tuvo lugar el 15 y 16 de octubre de 1992 en La Jolla, California (EE.UU.). Se estableció el PIR de acuerdo con lo recomendado por la resolución aprobada en la reunión especial de la CIAT celebrada del 21 al 23 de abril de 1992, para revisar e informar sobre el cumplimiento por parte de la flota atunera internacional con los límites de mortalidad establecidos para delfines y hacer recomendaciones adecuadas a fin de reducir al mínimo esa mortalidad. Participaron en la reunión representantes de Colombia, los Estados Unidos, México, Vanuatu, Venezuela, el American Tunaboat Association, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, Greenpeace International, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza, y la Comisión Interamericana del Atún Tropical. El Sr. Richard Carpenter sirvió como Presidente del PIR, la Srta. Traci Romine de Greenpeace International como Coordinadora de la reunión, y los Dres. James Joseph y Martín Hall como Secretaría del Panel. (Más adelante se describen los deberes del Presidente, Coordinador, y Secretaría.)

Se adoptó la siguiente agenda:

1. Reglas de procedimiento
2. Admisión de miembros no gubernamentales
3. Asignación de límites de mortalidad de delfines
4. Repaso y comparación de legislación nacional de protección de delfines
5. Discusión de los medios para asegurar el cumplimiento del programa internacional de la conservación de delfines
6. Infracciones y sanciones
7. Lugar y fecha de la próxima reunión
8. Otros asuntos
9. Clausura

Se discutieron y se adoptaron las siguientes Reglas de Procedimiento para el PIR:

## REGLAS DE PROCEDIMIENTO

### Representación

- Regla I. a) El Panel de Revisión ("el Panel") será integrado por nueve miembros, cinco de los cuales serán representantes de gobiernos partes del Acuerdo aprobado en La Jolla el 18 de junio de 1992 y con barcos participando en la pesquería ("miembros gubernamentales"). Los demás miembros del Panel ("miembros no gubernamentales") serán dos representantes de organizaciones ambientalistas y dos representantes de la industria atunera, seleccionados por los representantes gubernamentales del Panel.
- b) En el cumplimiento de sus funciones, el Panel de Revisión podrá solicitar los servicios técnicos y científicos, y confirmación, de agencias oficiales de los gobiernos participantes y de cualquier institución internacional, pública, o privada, o de cualquier individuo particular.

### Miembros no gubernamentales

- Regla II. a) Los primeros miembros no gubernamentales nombrados al Panel servirán hasta el comienzo de la primera reunión regular del Panel celebrada en 1994.
- b) Los miembros no gubernamentales nombrados al Panel servirán a partir del comienzo de la primera reunión regular del Panel<sup>1</sup> celebrada en el año de su nombramiento hasta el comienzo de la primera reunión regular del Panel celebrada dos años después.
- c) En cualquier año en que venza el término de servicio de un miembro no gubernamental, los miembros gubernamentales, antes del 30 de marzo de ese año, nombrarán nuevos miembros no gubernamentales. Los miembros no gubernamentales actuales podrán ser nombrados para un término adicional.
- d) Si el puesto de un miembro no gubernamental quedara vacante, los miembros gubernamentales nombrarán a un sustituto lo antes posible. Los sustitutos servirán en el Panel hasta la fecha de vencimiento del término de servicio del miembro no gubernamental original.
- e) Con razones suficientes, los miembros gubernamentales podrán terminar el servicio de un miembro no gubernamental antes del vencimiento de su término. La expresión de opiniones no es razón suficiente para tal terminación. Un miembro no gubernamental terminado de esta forma tendrá derecho a ser informado de las razones de la terminación.

### Suplentes

- Regla III. a) Cada miembro no gubernamental remitirá al Director de la CIAT, dentro de un plazo razonable después de ser nombrado, el nombre de un suplente. Este nombramiento podrá ser confirmado o rechazado por los miembros gubernamentales. Si es rechazado, el miembro no gubernamental remitirá otro nombre al Director de la CIAT.
- b) El término de servicio de un suplente terminará con el vencimiento del término del miembro no gubernamental a quien representa.
- c) Los suplentes podrán asistir a las reuniones del Panel, pero no tendrán derecho a tomar la palabra si el miembro no gubernamental a quien representa no está presente.

<sup>1</sup> Se celebra la reunión regular del panel al mismo tiempo que la reunión anual de la CIAT

**Votación**

- Regla IV. Solamente los miembros gubernamentales tendrán derecho a voto. Cada miembro gubernamental tendrá un voto, y ese voto podrá ser emitido por cualquier delegado autorizado de ese gobierno.
- Regla V. a) El Panel procurará llegar a un consenso en todos los asuntos discutidos. Si no resulta posible, todas las decisiones, resoluciones, recomendaciones, y otras acciones oficiales del Panel serán tomadas por una mayoría de 4 de los 5 miembros con voto. Se votará levantando la mano, o por votación nominal, lo que en la opinión del Coordinador (ver Regla X.c) sea más apropiado.
- b) El Panel podrá, en todos los casos, actuar circulando una notificación escrita de una resolución o acción propuesta por los miembros gubernamentales, siempre que dicha notificación y toda la documentación pertinente sea enviada a todos los miembros del Panel, incluyendo los miembros no gubernamentales, por lo menos 14 días antes de entrar en vigor la resolución.
- c) En casos urgentes, la conformidad de los miembros gubernamentales podrá ser comunicada verbalmente, y la decisión, resolución, recomendación, u otra acción del Panel será válida aún cuando no se cumpla el plazo de tiempo detallado arriba en (b) y cuando no sea posible, a pesar de los mejores esfuerzos, hacer llegar la documentación pertinente a los miembros no gubernamentales.

**Presidente y Secretaría**

- Regla VI. a) El Presidente del Panel será elegido cada año en la reunión regular del Panel, de acuerdo con la Regla X, y desempeñará el cargo desde la fecha de su nombramiento hasta que sea nombrado otro Presidente. El Panel podrá nombrar un nuevo Presidente en cualquier momento si el puesto queda vacante. La Secretaría será proporcionada por el Director de la CIAT.
- b) El término "Presidente" significará, en estas reglas, el Presidente del Panel elegido de acuerdo con esta regla.
- Regla VII. Los deberes del Presidente serán:
- a) Sujeto a la dirección del Panel, establecer la fecha y sede de las reuniones regulares del Panel.
- b) Con la concurrencia de dos miembros del Panel, convocar reuniones especiales del Panel, en caso necesario.
- c) Presentar en las reuniones regulares del Foro Intergubernamental que estableció este Panel los reportes, recomendaciones, y comunicaciones del Panel.
- d) Realizar otros deberes que sean necesarias para el cumplimiento de los objetivos del Panel.
- e) Preparar la agenda para cada reunión del Panel.
- Regla VIII. Los deberes de la Secretaría serán:
- a) Proveer toda información requerida por el Panel a fin de llevar a cabo sus funciones y responsabilidades, incluyendo, entre otros, formularios de revisión que detallan la actividad de los barcos y la mortalidad de delfines por lance, e información sobre la presencia, condición, y uso del equipo de protección de delfines.

- b) Preparar las actas de todas las reuniones, así como informes especiales y documentos relacionados con las actividades del Panel.
- c) Llevar a cabo cualquier otra tarea requerida por el Panel que sea necesaria para realizar sus objetivos.

#### **Confidencialidad**

- Regla IX. Los miembros del Panel deberán tratar como confidencial todos los registros de las actividades de los barcos y/o de las compañías individuales.

#### **Reuniones**

- Regla X. a) El Panel se reunirá por lo menos una vez por año, al mismo tiempo que la Reunión Anual regular de la CIAT ("reunión regular"), y deberá procurar reunirse por lo menos dos veces más, en septiembre u octubre y en enero, y en cualquier otro momento en que el Presidente y otros dos miembros del Panel consideren que una reunión especial sea necesaria.
- b) Un miembro del Panel presidirá sobre cada reunión del Panel; será elegido por los miembros gubernamentales en esa reunión.
- c) Se refiere al miembro del Panel elegido para presidir sobre una reunión como "el Coordinador."
- d) Los deberes del Coordinador serán:
1. Decidir las cuestiones de orden que surjan en las reuniones del Panel, sujeto al derecho de cualquier miembro a pedir que cualquier decisión del Coordinador sea remitida al Panel para una decisión por votación
  2. Llamar a votación y anunciar los resultados al Panel.
  3. Aprobar las actas oficiales de las reuniones del Panel sobre las cuales presidió.

#### **Idioma**

- Regla XI. Los idiomas oficiales del Panel serán inglés y español, y miembros del Panel podrán usar cualquiera de los dos durante las reuniones.

#### **Contactos**

- Regla XII. La dirección postal del Panel será la de la CIAT.

#### **Enmiendas**

- Regla XIII. Estas reglas de procedimiento podrán ser enmendadas si el Panel lo considera necesario y de acuerdo con el procedimiento de votación establecido en las Reglas III y IV.

Se acordó que la próxima reunión del PIR tendría lugar del 27 al 29 de enero de 1993, en La Jolla, California, EE.UU., y que sería precedida el 25 y 26 del mismo mes por una reunión de economistas y expertos jurídicos, quienes tratarían el asunto de naciones que no cumplan con el Programa Internacional sobre la Conservación de Delfines, iniciado en la quincuagésima reunión de la CIAT, celebrada en La Jolla, California (EE.UU.), del 16 al 18 de junio de 1992.

## ADMINISTRACION

### PRESUPUESTO

En la cuadragésimaseptima reunión, celebrada del 26 al 28 de junio de 1990 en Washington, D.C., (EE.UU), la Comisión aprobó unánimamente el presupuesto de \$US 4,403,307 presentado por el Director para el año fiscal 1991-1992. Sin embargo, la cantidad aportada por los países miembros en dicho año fue \$US 3,173,180, o \$US 1,230,127 menos que la suma recomendada y aprobada. A consecuencia de esto, se tuvieron que limitar algunos proyectos programados.

### INFORME FINANCIERO

El estado de cuentas de la Comisión para el año fiscal 1991-1992 fue comprobado por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 3 del presente informe se presentan las tablas compendiadas del informe de los mismos.

### COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Durante 1992 el equipo de investigadores de la Comisión continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones e instituciones investigativas universitarias, gubernamentales, y privadas a nivel local, nacional, e internacional. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al corriente de los avances y el desarrollo actual en la investigación pesquera y oceanográfica mundial. A continuación se describen algunos aspectos de dichas relaciones.

Las oficinas principales de la Comisión se encuentran en los terrenos del Scripps Institution of Oceanography de la Universidad de California en La Jolla, California, uno de los principales centros mundiales de ciencias marinas y sede de varias agencias federales y estatales de pesca, oceanografía, y ciencias afines. Esta situación fomenta un contacto frecuente entre los investigadores de la CIAT y los científicos de estas entidades. El Dr. Richard B. Deriso supervisó las investigaciones de algunos estudiantes en el Scripps Institution of Oceanography durante 1992.

Durante muchos años se han mantenido relaciones cordiales y productivas con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la South Pacific Commission (SPC), y otros organismos internacionales. Por ejemplo, tres miembros del personal de la CIAT sirvieron como miembros de la Asesoría Experta de la FAO sobre las Interacciones de las Pesquerías de Atún en el Océano Pacífico, patrocinada por la FAO. Uno actuó como Presidente del grupo de trabajo sobre el aleta amarilla del Pacífico oriental y Co-presidente del grupo de trabajo sobre el barrilete, y otro como Presidente del grupo de trabajo sobre el aleta azul del norte.

Durante 1992, la Comisión continuó su estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con organismos similares de diversos países no afiliados. Por ejemplo, del 11 al 14 de febrero de 1992 se celebró en el Scripps Institution of Oceanography un Taller Internacional sobre la Ecología y las Pesquerías de Atunes Asociados con Objetos Flotantes. Fue organizado por el personal de la CIAT y patrocinado por la empresa Bumble Bee Seafoods, Inc., de San Diego. Entre 1989 y 1992 el Dr. Martín Hall sirvió como miembro del



Comité sobre la Reducción de la Mortalidad de los Delfines en la Pesca Atunera de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, y en 1992 un libro que describe el trabajo de ese comité fue publicado por el National Academy Press. Además, el Dr. James Joseph fue nombrado al Comité sobre Pesquerías del Consejo de Estudios Oceánicos de esa Academia. El Sr. Ashley J. Mullen dictó una serie de informes titulada "Modeling as Applied to Fisheries for Stock Assessment and Prediction" [Modelado aplicado a las pesquerías para la evaluación y predicción de stocks]. Dichos informes constituyeron la segunda semana de un taller de tres semanas, "Latin American Workshop on Natural Resource Modeling and Analysis" [Taller Latinoamericano sobre el Modelado y Análisis de Recursos Naturales], patrocinado conjuntamente por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y la Asociación de Modelado de Recursos, y celebrado en CICESE, Ensenada (México), del 6 al 24 de julio de 1992. Los Dres. Richard B. Deriso y William H. Bayliff sirvieron en comités *ad hoc* para evaluar investigaciones propuestas por el National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos. Desde 1977 los investigadores de la CIAT han capacitado observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros sobre la abundancia, la mortalidad, y otros aspectos de la biología de los delfines. Diversas organizaciones gubernamentales e instituciones educativas, así como representantes del sector industrial, han colaborado activamente en el entrenamiento y embarque de estos observadores. A través de los años, científicos y estudiantes de muchos países han visitado la oficina principal de la Comisión y su laboratorio en Achotines, Panamá, permaneciendo durante varias semanas o meses, aprendiendo nuevos métodos de investigación o utilizando las instalaciones y los datos de la CIAT para sus estudios. En la sección titulada **CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA** se enumeran aquellos cuyas visitas duraron más de 2 semanas. Asimismo, científicos de la CIAT que viajan a otros países por razones profesionales con frecuencia ayudan a los científicos de aquellos países con sus investigaciones relacionadas a la pesca del atún, y de vez en cuando viajan al extranjero con el propósito específico de prestar ayuda en tales programas investigativos.

El laboratorio de investigación de la CIAT en la República de Panamá, descrito en la sección titulada **OFICINAS REGIONALES**, permite una colaboración más estrecha entre los investigadores de la CIAT y el personal de las agencias pesqueras panameñas. Los científicos de la Comisión en dicho laboratorio han ayudado a científicos locales con proyectos de investigación fuera del campo de los túnidos, sobre los pargos, por ejemplo. Se han logrado importantes avances en este tema, que se analizan en la sección titulada *Estudios del recurso de pargo*.

### CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA

El Sr. Michael G. Hinton, miembro del personal de la CIAT, completó una asignación de 7 semanas con el National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón) el 13 de enero de 1992. Durante su visita trabajó con el Dr. Hideki Nakano de dicha institución en estudios de picudos.

El Dr. Arne Bjørge, biólogo del Ministerio del Ambiente de Noruega, completó una visita de diez semanas a la oficina principal de la CIAT en La Jolla el 24 de febrero de 1992. Realizó sus propias investigaciones sobre los mamíferos marinos y discutió proyectos de investigación con biólogos de la CIAT y el NMFS.

El Sr. Eduardo Espinosa, graduado reciente de la Universidad Simón Bolívar, Caracas (Venezuela), pasó el período entre el 15 de enero y el 15 de abril de 1992 en las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, donde trabajó con miembros del personal en datos de tortugas marinas del Océano Pacífico oriental.

El Sr. Robert W. Thacker, estudiante graduado en la Universidad de Michigan, pasó el período entre el 7 de febrero y el 31 de marzo de 1992 en el Laboratorio de Achotines, donde estudió el comportamiento de cangrejos ermitaños terrestres, *Coenobita compressus*.

El Sr. Sergei Yu. Leontiev, de VNIRO (Instituto de la Unión de Investigación de Pesquerías Marinas y Oceanografía), Moscú (Rusia), pasó el período entre el 21 de febrero y el 5 de junio de 1992 en las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, y el Dr. Feodor F. Litvinov, de AtlantNIRO (Instituto del Atlántico de Investigación Científica de Pesquerías Marinas y Oceanografía) en Kaliningrad (Rusia), pasó el período entre el 7 de septiembre y el 9 de octubre de 1992 en las oficinas principales de la CIAT. Estudiaron los métodos usados por la CIAT para realizar sus investigaciones, para aplicar dichos métodos a la pesquería atunera de superficie en los Océanos Índico y Atlántico.

La Sra. Lourdes González, estudiante de tercer año de biología en la Universidad de Panamá, pasó el período del 1º de abril al 22 de mayo de 1992 en el Laboratorio de Achotines, donde recibió instrucción sobre la mayoría de las operaciones y procedimientos rutinarios para el cultivo de peces y plancton. La Sra. González espera regresar en 1993 para recopilar información para un proyecto de tesis.

El Dr. Daniel Margulies y la Srta. Jeanne B. Wexler tomaron parte en un programa de investigación y capacitación en Japón entre el 7 de septiembre y el 24 de octubre de 1992, en la estación Yaeyama de la Japan Sea Farming Association (JAFSA) en la Isla Ishigaki. Con personal de la JAFSA, participaron en estudios del cultivo y desarrollo de huevos y larvas de aleta amarilla. Se describen estas actividades en la sección titulada ***Estudios del ciclo vital temprano***.

#### OFICINAS REGIONALES

La Comisión mantiene oficinas regionales en Manta (Ecuador); Terminal Island, California, y Mayaguez, Puerto Rico, (EE.UU); Ensenada, Baja California, y Mazatlán, Sinaloa (México); Panamá (República de Panamá); Trujillo (Perú); y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos allí radicados obtienen estadísticas de los desembarcos, recopilan las bitácoras de los barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, toman medidas y demás datos biológicos de los peces, y colaboran en la capacitación y embarque de los observadores que acompañan a los barcos que participan en el programa atún-delfín de la Comisión. Este trabajo no sólo se lleva a cabo en los puertos arriba nombrados, sino que también se efectúa en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, visitados periódicamente por el personal de las oficinas regionales.

La Comisión mantiene además un laboratorio en la República de Panamá, situado en la Bahía de Achotines, al oeste de Punta Mala en la Península de Azuero. Dicho laboratorio se emplea principalmente para estudios de las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que información sobre el ciclo vital de los atunes antes de su reclutamiento a la pesquería servirá para eliminar, en gran medida, la incertidumbre en las evaluaciones de la condición de los diversos stocks de túnidos. La Comisión piensa ampliar las instalaciones del laboratorio para poder acomodar a investigadores de otras agencias, como por ejemplo personal de la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá, la Universidad de Panamá, etc.

#### PUBLICACIONES

La publicación pronta y completa de los resultados de la investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos

miembros, la comunidad científica, y el público en general se mantienen informados de los resultados de las investigaciones realizadas por los científicos de la CIAT. La publicación de datos básicos, métodos de análisis, y las conclusiones resultantes permiten que otros investigadores evalúen y critiquen los estudios, lo que sirve para verificar la validez de los resultados logrados por el personal de la CIAT y al mismo tiempo despertar el interés de otros investigadores en dicha labor. A fines de 1992 el personal de la CIAT había publicado 134 Boletines, 41 Informes anuales, 7 Informes Especiales, 6 libros, y 385 capítulos y artículos en libros y revistas externas. En el Anexo 4 del presente informe se enumeran las contribuciones del equipo de investigadores publicadas durante 1992.

## LA PESQUERIA

### ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESEMBARCOS

El área de interés principal para el personal de la CIAT es el Océano Pacífico oriental (OPO), definido como la zona entre el litoral de las Américas y 150°W.

Los datos estadísticos obtenidos en las oficinas regionales de la Comisión son recopilados y procesados de forma continua. Se obtienen así estimaciones de estadísticas pesqueras de diversos grados de exactitud y precisión. Ya que se puede tardar un año o más en obtener cierta información definitiva, y ya que se ha ido actualizando los datos de años anteriores, las estadísticas anuales aquí presentadas son las más actuales, y reemplazan aquellas publicadas anteriormente. Los tonelajes de pescado se expresan en toneladas cortas.

En la Tabla 1 se presentan estimaciones anuales de la captura de las distintas especies de atunes y especies afines desembarcadas por la flota atunera del OPO (ver sección siguiente). Se incluyen solamente las capturas con artes de superficie, más las capturas de aleta amarilla, *Thunnus albacares*, logradas por la flota palangrera japonesa en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA, Figura 1). Los datos de captura de aleta amarilla en el ARCAA y de barrilete *Katsuwonus pelamis*, y aleta azul, *Thunnus thynnus*, en el OPO son casi completos, salvo las cantidades mínimas de las tres especies capturadas por barcos de pesca deportiva y artesanal, y las capturas insignificativas de barrilete y aleta azul logradas por la pesquería palangrera. Los datos de captura del Océano Pacífico occidental y el Océano Atlántico señalados en la Tabla 1 no son estimaciones de la captura total en dichas zonas puesto que no incluyen datos de embarcaciones que no pescaron en el OPO durante el año en cuestión. La Tabla 1 no incluye las capturas sustanciales de aleta amarilla logradas con palangre en el OPO fuera del ARCAA, ni tampoco las grandes cantidades de patudo, *Thunnus obesus*, capturado por la pesquería palangrera en el OPO; se incluyen esas capturas en las Tablas 25 y 34.

No se impusieron restricciones sobre la pesca de atunes en el OPO entre 1979 y 1991, y por lo tanto se comparan las estadísticas de 1992 con aquellas de 1979-1991. Durante este período ocurrió un importante evento de El Niño, que comenzó hacia fines de 1982 y persistió hasta fines de 1983. Las tasas de captura en el OPO fueron bajas durante este Niño, lo cual causó un traslado del esfuerzo de pesca del Pacífico oriental al occidental, y el esfuerzo permaneció relativamente bajo durante 1984-1986.

La captura media de aleta amarilla en el ARCAA en el período de 1979-1991 fue 205.0 mil toneladas (rango: 91.4 a 294.7). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1992 es de 241.0 mil toneladas. Durante 1979-1991 la captura media de aleta amarilla en el área entre el límite del ARCAA y 150°W fue 28.1 mil toneladas (rango: 13.5 a 51.9). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en este área en 1992 es de 20.1 mil toneladas. La captura estimada de aleta amarilla en el OPO en 1992, 261.1 mil toneladas, es

bien inferior al valor anual máximo registrado en 1989 (319.2 mil toneladas), aunque sí supera al promedio de 1979-1991 de 233.1 mil toneladas.

En la Figura 2 se ilustra la distribución media anual de las capturas de aleta amarilla registradas en el OPO en 1979-1991, y en la Figura 3 una estimación preliminar para 1992. Las áreas de mayor captura varían de acuerdo con cambios en las condiciones de pesca durante el año. La captura de aleta amarilla en el primer trimestre de 1992 fue generalmente limitada a regiones dentro del ARCAA, la mayoría de ellas cerca de la costa y a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical. La pesca fue buena también en alta mar desde 10°S hasta 18°S entre 80°W y 90°W. Durante el segundo trimestre continuaron estas capturas costeras, con áreas de capturas altas cerca del litoral entre 10°N y 23°N. En este trimestre aumentaron las capturas de altamar entre 5°N y 15°N desde 120°W hasta 140°W. Las capturas en el tercer trimestre se vieron distribuidas de forma bastante uniforme entre 6°N y 15°N desde 84°W hasta 140°W, con algunas zonas de alta captura cerca de la costa, especialmente cerca de la punta sur de Baja California. Durante el cuarto trimestre la distribución de la pesca fue similar a la del primer trimestre, con la mayoría de la captura lograda dentro del ARCAA, excepto que la pesca siguió buena cerca de la punta de Baja California, y ya no se realizaron capturas de altura al sur de 5°S.

Entre 1979 y 1991 la captura media de barrilete en el OPO fue 92.4 mil toneladas (rango: 54.5 a 145.5). La estimación preliminar de la captura de barrilete en el OPO en 1992 es cercana al promedio, 93.6 mil toneladas.

En la Figura 4 se ilustra la distribución media anual de las capturas cerqueras de barrilete en el OPO en 1979-1991, y en la Figura 5 una estimación preliminar para 1992. Las capturas de barrilete en 1992 estuvieron concentradas en dos áreas: entre 5°S y 10°N desde la costa hasta 90°W, y más al sur entre 10°S y 15°S desde 80°W hasta 90°W.

El aleta amarilla y barrilete forman la mayor parte de la captura total del OPO, pero el aleta azul, patudo, albacora (*Thunnus alalunga*), barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis*), y otras especies contribuyen también. La captura total de estas otras especies en el OPO fue de unas 10.5 mil toneladas en 1992, comparado con el promedio de 1979-1991 de 17.4 mil toneladas (rango: 8.2 a 32.7). La captura estimada de todas especies en el OPO en 1992 fue de unas 365.2 mil toneladas.

Los barcos atuneros que pescan en el OPO pescan de vez en cuando en otras zonas en el mismo año. En 1992, varios barcos que formaban parte de la flota del OPO pescaron también en el Pacífico occidental y/o en el Atlántico y Caribe. En 1979-1991 la captura mediana lograda por estos barcos en el Pacífico occidental fue unas 6.4 mil toneladas (rango: 0.3 a 83.6), y en el Atlántico y Caribe unas 9.4 mil toneladas (rango 0.5 a 17.3). Las capturas máximas realizadas en otras zonas por barcos de la flota atunera del OPO fueron logradas en 1983, año en el cual se registró la captura más baja en el OPO (180.4 mil toneladas) desde 1960 (173.6 mil toneladas). Las estimaciones preliminares indican que las capturas totales de 1992 en esas zonas por barcos de la flota atunera del OPO se cifraron en unas 0.1 mil toneladas en el Pacífico occidental y 5.1 mil toneladas en el Atlántico y Caribe.

En la Tablas 2 y 3 se detallan las capturas en el OPO, clasificadas por bandera, y las descargas de pescado capturado en el OPO, clasificadas por país, correspondientes a 1991 y a estimaciones preliminares para 1992. Las descargas representan pescado descargado en el año civil, sin tener en cuenta el año en que fue capturado. El país de descarga es aquel en el cual se descargó el pescado del barco, o en el caso de trasbordos, el país que recibió el pescado trasbordado. En 1992, el 92% de las 261.1 mil toneladas de aleta amarilla capturadas en el OPO provinieron del ARCAA. Barcos mexicanos, venezolanos, y vanuatenses fueron responsables del 39%, 17%, y 13%, respectivamente, de la captura total del OPO.

Datos preliminares de descarga señalan que de las 364.0 mil toneladas descargadas en 1992, 125.6 mil toneladas (35%) fueron descargadas en México; le siguen Ecuador (73.1 mil toneladas; 20%) y Venezuela (47.7 mil toneladas; 13%). Otros países con descargas significativas de atunes capturados en el OPO incluyeron Costa Rica y los Estados Unidos. Cabe destacar que cuando se disponga de información final, es posible que se asignen algunas descargas a países diferentes, debido a la exportación de pescado almacenado a plantas procesadores en otros países.

Bajo las estipulaciones del Convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical, el objetivo principal de las investigaciones de la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas por la pesca atunera del OPO. Tomando en cuenta los desplazamientos extensos de los atunes, la movilidad de los barcos de las flotas atuneras de los distintos países, y el carácter internacional del comercio del atún, las estadísticas de captura y esfuerzo del OPO deben ser vistas a la luz de las estadísticas mundiales. En las Figuras 6 y 7 se presentan las estadísticas de las capturas mundiales de atunes y especies afines en 1991, el año más reciente para el cual se dispone de datos. En la Tabla 4 y la Figura 8 se presentan las estadísticas de las capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1975-1991, por océano. Se obtuvieron la mayoría de estas estadísticas de registros anuales de estadísticas pesqueras publicadas por la Organización para el Alimento y la Agricultura de las Naciones Unidas.

#### LA FLOTA ATUNERA DEL PACIFICO ORIENTAL

El personal de la CIAT mantiene registros del arte de pesca, bandera, y capacidad de acarreo de la mayoría de los barcos que pescan atunes aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el OPO. No se mantienen registros de los barcos palangreros de bandera de países de Lejano Oriente, ni de barcos de pesca deportiva ni embarcaciones pequeñas tales como canoas y lanchas. La flota del OPO aquí descrita incluye barcos que pescaron aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el OPO durante el año entero o parte del mismo.

Se usan las estimaciones de capacidad del armador o astillero del barco a menos de que los registros de descarga indiquen que sea apropiado revisarlas. Para los registros se dividen los barcos por capacidad de acarreo en las siguientes clases: Clase 1, menos de 51 toneladas cortas; Clase 2, 51-100 toneladas; Clase 3, 101-200 toneladas; Clase 4, 201-300 toneladas; Clase 5, 301-400 toneladas; y Clase 6, más de 400 toneladas. (No se deben confundir éstas clases con los ocho grupos de tamaño usados para calcular la captura por tonelada de capacidad de acarreo en la sección titulada *Captura por tonelada de capacidad de acarreo*.) Con la excepción de los palangreros y las embarcaciones pequeñas misceláneas detalladas en el párrafo anterior, se incluyen todos los barcos que pescaron en el OPO durante el año en las estimaciones anuales del tamaño de la flota de superficie.

Hasta aproximadamente 1960 predominaron en la pesca de atunes en el OPO los barcos de carnada, que operaban en las zonas costeras y cerca de islas de altamar. Hacia fines de los años 50 y a principios de los 60, la mayoría de los barcos de carnada grandes fueron convertidos a la pesca con red de cerco, y en 1961 barcos de este tipo formaban la mayor parte de la flota de superficie del OPO. Entre 1961 y 1990 el número de barcos de carnada se redujo de unos 100 a unos 20, y la capacidad disminuyó de unas 10 mil a unas 1.7 mil toneladas. En el mismo período el número de cerqueros aumentó de unos 125 a unos 170, y la capacidad de unas 30 mil a unas 135 mil toneladas. Tanto el número como la capacidad alcanzaron un máximo durante 1978-1981, cuando el número de barcos osciló entre 248 y 268, y la capacidad entre 181 y 185 mil toneladas (Tabla 5).

La construcción de nuevos cerqueros de mayor tamaño, que comenzó a mediados de los

años 60, resultó en un aumento en la capacidad de la flota de 46.3 mil toneladas en 1966 a 184.6 mil toneladas en 1976. Entre 1977 y 1981 la capacidad permaneció bastante estable, aumentando en tan sólo unas 1.6 mil toneladas. Se prosiguió la construcción de barcos nuevos durante este período, pero la capacidad adicional se vió compensada por pérdidas ocasionadas por barcos que se hundieron o que abandonaron la pesquería. En 1982 ocurrió una reducción de 16.2 mil toneladas en la capacidad de la flota, debido al retiro de barcos o a su traslado a otras zonas de pesca, principalmente el Pacífico occidental. Esta tendencia continuó en 1983 a medida que disminuyeron las tasas de captura en el OPO, principalmente a raíz de las condiciones oceánicas anómalas de 1982-1983. En 1983 la capacidad de la flota se redujo en 28.8 mil toneladas, y en 1984 se redujo en 25.4 mil toneladas más; en aquel año alcanzó el nivel más bajo desde 1971, unas 116.5 mil toneladas. No obstante, en 1985 aumentó a unas 129.7 mil toneladas, debido principalmente al regreso de barcos del Pacífico occidental, pero en 1986 volvió a reducirse ligeramente a unas 124.5 mil toneladas. Durante 1987 se reactivaron varios barcos, y otros regresaron del Pacífico occidental al OPO a pescar, lo cual resultó en un aumento en la capacidad de la flota a unas 146.0 mil toneladas. Esta tendencia continuó en 1988, resultando en una capacidad de la flota de 151.4 mil toneladas, la mayor observada desde 1982. En 1989 la capacidad de la flota disminuyó a unas 136.6 mil toneladas. En 1990 permaneció aproximadamente igual, en 137.6 mil toneladas, pero esta capacidad no estuvo presente en el OPO durante el año entero. En la primavera de 1990 la industria enlatadora de los Estados Unidos decidió no comprar más el atún capturado en asociación con delfines (conocida como la pesca "sin delfines"). Esto llevó a que muchas de las embarcaciones de bandera de los Estados Unidos que pescaban en el OPO abandonaran el área y se fueran a pescar en el Atlántico o el Pacífico occidental. Las enlatadoras mantuvieron esta política hasta 1992, y el número de barcos estadounidenses pescando en el OPO siguió disminuyendo.

En la Tabla 6 se presentan los datos finales de 1991 y preliminares de 1992 del número y capacidad de acarreo de barcos de arte de superficie de la flota atunera del OPO. Predominaron en 1991 barcos de bandera mexicana, venezolana, y estadounidense, que juntos formaron un 80% de la capacidad total de la flota. En 1990 la flota de los Estados Unidos incluía 29 cerqueros grandes, pero tras la adopción de la política de pesca "sin delfines" de las enlatadoras estadounidenses, disminuyó a solamente 13 barcos en 1991, y barcos de bandera mexicana, venezolana, y vanuatense dominaron la flota. En 1991 y 1992 la flota más grande fue la mexicana, con entre 35 y 45% de la capacidad total, mientras que la venezolana formó entre el 15 y el 20% del total en ese período. La política "sin delfines" de las enlatadoras estadounidenses no parece haber afectado significativamente el tamaño de las demás flotas nacionales faenando en el OPO. La mayoría de la capacidad total de la flota atunera del OPO consiste de embarcaciones cerqueras de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. En 1991 y 1992 un 90% de la capacidad total que pescó en el OPO consistió de barcos de este tipo.

En la Figura 9 se presentan los valores medios, mínimos, y máximos mensuales del tonelaje de capacidad en el mar (CEM) en el OPO durante 1979-1991, junto con los de 1992. Los valores mensuales son los promedios de los valores de las estimaciones de la CEM publicadas en el informe semanal preparado por el personal de la CIAT. Se escogieron los valores de 1979-1991 para comparar con los de 1992 porque los años anteriores, en los cuales regían reglamentaciones, muestran distribuciones temporales del esfuerzo algo diferentes, a raíz de la restricción de la pesca del aleta amarilla en el ARCAA. En general, los valores de la CEM en 1992 son significativamente inferiores a los valores medios de 1979-1991, fenómeno atribuido a la reducción en el número de barcos estadounidenses participando en la pesquería que resulta de la política de pesca "sin delfines" arriba comentada.

## **REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA**

En años anteriores, los investigadores de la CIAT han recomendado cuotas de captura del atún aleta amarilla en el Area de Reglamentación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA, Figura 1), y éstas han sido aprobadas en las resoluciones de la Comisión y puestas en práctica por las naciones que participan en la pesquería. Entre 1966 y 1979 se aprobaron y pusieron en vigor cuotas anuales, pero se tardó tanto en llegar a un acuerdo sobre la cuota para 1979 que no tuvo efecto. En la 37a Reunión de la CIAT, celebrada en octubre de 1979, no se llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla para 1980. Posteriormente se acordó una cuota de 165,000 toneladas cortas, con una cláusula que autorizaba un aumento a discreción del Director de la CIAT; sin embargo, la cuota no entró en vigencia. En las próximas seis reuniones se recomendaron las cuotas siguientes: 160,000 toneladas en 1981 y 1982, 170,000 toneladas en 1983, 162,000 toneladas en 1984, 174,000 toneladas en 1985, y 175,000 toneladas en 1986, con incrementos facultativos a discreción del Director, con base en los resultados de los análisis de la condición del stock. Dichas cuotas fueron aprobadas pero no entraron en vigor. En la 44a Reunión, debido a circunstancias especiales que resultaron en una abundancia extraordinariamente elevada de aleta amarilla en el Pacífico oriental, no se recomendó una cuota para 1987, pero se destacó que una cuota de captura sería muy probablemente necesaria en el futuro. En la 45a Reunión, las dos reuniones siguientes, y la 49a Reunión se recomendaron cuotas de 190,000 toneladas para 1988, 220,000 toneladas para 1989, 200,000 toneladas para 1990, y 210,000 toneladas para 1991, con la posibilidad de incrementos facultativos basados en los resultados de las investigaciones sobre la condición del stock. Se aprobaron estas cuotas, pero no se pusieron en vigor. En la 50a Reunión, celebrada en junio de 1992, se recomendó una cuota de 210 mil toneladas, con cuatro incrementos opcionales de 20 mil toneladas cada uno. De nuevo, se aprobó la cuota (ver resolución en las páginas 207-208), pero no se puso en vigor.

No se ha demostrado, hasta la fecha, la necesidad de aplicar medidas de conservación a otras especies de túnidos explotados por la pesca en el OPO.

## **LA INVESTIGACION**

### **BIOLOGIA DE LOS TUNIDOS Y PICUDOS**

#### ***Tendencias anuales en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)***

Los investigadores de la Comisión usan la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día estándar de pesca (CPDEP) como índices de abundancia aparente y también como una medida general del éxito de la pesca. Se obtienen los datos de los registros de bitácora de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental (OPO). Los datos que no satisfacen ciertos criterios de exactitud y composición por especies son eliminados antes de realizar los cálculos. Durante los años 50, cuando predominaban los barcos de carnada, se estandarizaban los datos de captura y de la CPDP de los barcos de carnada de las distintas clases de arqueo para calcular la CPDEP de barcos de carnada de la Clase 4 (con capacidad de 201-300 toneladas cortas de atún congelado). Posteriormente, cuando la mayor parte de las embarcaciones fueron adaptadas a la pesca con red de cerco, se estandarizaron los datos de captura y de CPDP de los barcos cerqueros para calcular la CPDEP de cerqueros de la Clase 3 (de 101 a 200 toneladas de capacidad). A medida que se fueron reemplazando los barcos pequeños con embarcaciones más grandes, se procedió a calcular la CPDEP de cerqueros de la Clase 6 (de más de 400 toneladas de capacidad) y finalmente la CPDP de cerqueros de la Clase 6, omitiendo

datos correspondientes a barcos más pequeños. La CPDP y la CPDEP pueden verse afectadas por ciertos factores, tales como los cambios temporales y geográficos en la estrategia pesquera, la distribución del esfuerzo, y la vulnerabilidad de los peces a la captura. Se han estimado algunos de estos cambios y se han hecho los ajustes necesarios; con otros, por ejemplo aquellos provocados por condiciones ambientales, se supone que se compensan a la larga.

Los datos combinados de la CPUE de aleta amarilla y barrilete durante el período de 1959-1992 se señalan en el recuadro superior de la Figura 10. Los datos del período de 1968-1992 son datos de CPDP de barcos cerqueros de la Clase 6; los del período de 1959-1967 son datos de CPDEP de barcos de carnada de la Clase 4, multiplicados por 2.82 para compensar por el hecho de que los cerqueros de la Clase 6 son aproximadamente 2.82 veces más eficientes que los barcos de carnada de la Clase 4. Se calculó este factor de ajuste de 2.82 a partir de datos de CPDP de aleta amarilla y barrilete combinados correspondientes a cerqueros de la Clase 6 y barcos de carnada de la Clase 4 que pescaron en los mismos estratos de área-tiempo entre 1965 y 1974, período en el cual había una cantidad suficiente de ambos tipos de barcos en la pesquería. Puesto que los datos del período de 1968-1992 son datos de CPDP de barcos de la Clase 6 y aquellos de 1959-1967 fueron ajustados al equivalente de la CPDP de embarcaciones de la Clase 6, de ahora en adelante se denominarán datos de CPDP.

Para estimar el esfuerzo total en días cerqueros de embarcaciones de la Clase 6, se dividieron las capturas totales en cada año de aleta amarilla y barrilete combinados al este de 150°W por la CPDP de ambas especies en viajes no regulados. A continuación se dividieron las capturas totales de aleta amarilla y de barrilete por estas estimaciones del esfuerzo total para obtener la CPDP de cada especie por separado, señaladas en el recuadro central e inferior de la Figura 10.

### ***Aleta amarilla***

El valor preliminar de la CPDP en 1992, 14.7 toneladas/día, es inferior solamente al de 1986 (16.3 toneladas/día). Durante el período de 1959-1972 la CPDP osciló entre 9 y 14 toneladas/día, alcanzando valores mínimos en 1959, 1962, y 1971, y máximos en 1960, 1968, y 1969. A partir de 1973 la CPDP comenzó a disminuir, llegando a un valor mínimo de 4.9 toneladas en 1982, momento a partir del cual comenzó a recuperarse notablemente. Sin embargo, la pesquería ha cambiado mucho desde los años 60, por lo que se debe proceder con cautela al comparar datos de años precedentes con los de años más recientes. El problema principal se debe a que la pesca con carnada tiene lugar relativamente cerca de la costa y casi exclusivamente al norte de 15°N, mientras que la pesca cerquera es tanto costera como de altura y opera hasta aproximadamente 20°S. Los valores de la Figura 10 son algo diferentes a aquellos de la Tabla 25 porque los valores de la figura se obtuvieron a partir de datos de capturas totales de aleta amarilla y barrilete por la pesquería de superficie, método explicado arriba, mientras que aquellos en la tabla fueron obtenidos dividiendo la captura de aleta amarilla registrada por embarcaciones cerqueras por el esfuerzo registrado por embarcaciones cerqueras.

### ***Barrilete***

Durante el período de 1959-1968 la CPDP media de barrilete fue de aproximadamente 10.0 toneladas diarias, con un máximo de 16.0 toneladas en 1967 y un mínimo de 5.5 toneladas en 1960 (Figura 10). A fines de la década de los 60 muchos cerqueros pequeños fueron reemplazados por otros más grandes, para los cuales era más rentable pescar en zonas de mayor abundancia de aleta amarilla y menor abundancia de barrilete, produciéndose así valores de CPDP de barrilete reducidos. Durante el período de 1969-1992, la CPDP media fue de unas 4



toneladas diarias, con un máximo de 7.5 toneladas en 1971 y un mínimo de 2.4 toneladas en 1972 y 1973. El valor de 1992 de 5.3 toneladas/día es el mayor desde 1978. Al igual que en el caso del aleta amarilla, se debe proceder con cautela al comparar datos más antiguos con datos más recientes. Además del probable sesgo causado por el hecho de que en años recientes el esfuerzo se dirigió en mayor medida a la pesca de aleta amarilla y en menor medida a la del barrilete, se debe considerar el problema creado por el alcance restringido de la pesca con carnada, señalado en la sección anterior sobre el aleta amarilla.

### ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo***

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) de la flota atunera del Océano Pacífico oriental (OPO) proporciona un índice de las tendencias en el ingreso anual bruto relativo correspondiente a las distintas clases de arqueo. Para lograr más detalle en este índice de lo que proporcionan las seis clases de arqueo usadas tradicionalmente por la Comisión para clasificar los barcos, se identificaron las clases de arqueo siguientes: 1) <301 toneladas; 2) 301-400 toneladas; 3) 401-600 toneladas; 4) 601-800 toneladas; 5) 801-1000 toneladas; 6) 1001-1200 toneladas; 7) 1201-1400 toneladas; y 8) >1400 toneladas.

En la Tabla 7 se presentan las estimaciones de la CPTCA en 1980-1992 correspondientes al OPO y a todas las áreas oceánicas de pesca en las cuales barcos de la flota atunera del OPO capturaron pescado, por clase de arqueo, área, y especie. La CPTCA de los barcos mayores consiste principalmente de aleta amarilla y barrilete, mientras que otras especies, entre ellas otros atunes y peces misceláneos, forman una parte importante de la CPTCA de los barcos más pequeños en muchos años. En años anteriores, y en aquellos años cuando la mayoría de la flota del OPO ejerce la mayoría de su esfuerzo de pesca dentro del OPO, las CPTCA del OPO y de todas las áreas oceánicas de pesca son casi iguales. Durante el período de 1980-1991, el promedio de la CPTCA combinada de todos los barcos y todas las especies en el OPO fue de 2.5 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 1.7 a 3.2); para el aleta amarilla, el promedio fue 1.7 toneladas (rango: 0.9 a 2.4), y para el barrilete, 0.7 toneladas (rango: 0.5 a 0.9). Las estimaciones preliminares para 1992 son 3.3, 2.3, y 0.9 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente.

### ***Estandarización de las tasas de captura de aleta amarilla***

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3, se describe una alternativa a la captura por día de pesca (CPDP) como índice de la abundancia anual relativa del aleta amarilla. Con el índice alternativo se define cada observación de la tasa de captura como el tonelaje capturado en un lance dividido por las horas de búsqueda desde el lance anterior. Para estimar la abundancia media para el año entero y el Océano Pacífico oriental (OPO) entero se ponderan los datos de tal forma que cada cuadrángulo de 5°-mes recibe una ponderación proporcional al área superficial de océano que contiene y cada hora de búsqueda recibe igual ponderación dentro de un cuadrángulo de 5°-mes. Se utiliza entonces un modelo lineal generalizado para estimar la variación anual en las tasas de captura independiente de las tendencias en la eficacia del barco, las condiciones ambientales, y el modo de pesca.

Existen datos sobre muchos factores que pudieran posiblemente influir sobre las tasas de captura de aleta amarilla. Se investigaron los factores siguientes, utilizando datos de 1970-1985: la capacidad y velocidad del barco, si el barco llevaba helicóptero, si llevaba equipo sonar, la longitud y profundidad de la red, el capitán, la temperatura de la superficie del mar, la velocidad y dirección del viento, el lugar y hora de la pesca, el tipo de lance (sobre peces en cardúmenes no asociados, asociados con delfines, o asociados con objetos flotantes), y si se capturó también

barrilete. Una vez eliminados aquellos factores que no ejercían un efecto importante, el modelo incluía los efectos de año, velocidad del barco, clasificación de la búsqueda, temporada-área, y la interacción entre clasificación de búsqueda y temporada-área. Se basa la clasificación de búsqueda (Tabla 8) en tipo de lance y también en si se capturó barrilete. En la Figura 11 se describe temporada-área. Los efectos de año son las diferencias anuales en las tasas de captura no atribuibles a las demás variables en el modelo. Sirven de índices de abundancia estandarizados por las demás variables.

Tal como se muestra en la Figura 12, la tendencia de los índices es al mismo tiempo diferente y similar a la tendencia de la CPDP. Los índices del modelo lineal no exhiben las grandes fluctuaciones de 1970-1974 señaladas por la CPDP; sin embargo, ambos indican una reducción precipitada en 1975 y una recuperación marcada en 1976. La reducción en 1976-1982 y el aumento de 1983-1986 son más paulatinos en los índices del modelo lineal. Parece que cuando se cambia de lances sobre delfines a lances sobre objetos flotantes, tal como hizo la flota en 1974-1982, la CPDP proporciona una estimación más baja de la abundancia del aleta amarilla que el modelo de búsqueda, y cuando la pesquería cambia de nuevo a lances sobre delfines, tal como ocurrió durante 1985-1992, la CPDP sobreestima la abundancia.

El personal de la CIAT ha estado trabajando con el Dr. Stephen E. Pazan del Joint Environmental Data Analysis Center (JEDA) y la Scripps Institution of Oceanography en La Jolla, California, y el Dr. Paul Fiedler del National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos en La Jolla, California, explorando las relaciones entre los perfiles verticales de temperatura y la abundancia y vulnerabilidad a la captura del aleta amarilla. El JEDA proporcionó datos interpolados de temperatura a profundidad correspondientes a la mayoría de los cuadrángulos de 2 grados (latitud) por 5 grados (longitud) en el OPO en cada bimestre entre 1979 y 1988. El JEDA proporcionó también datos interpolados de la profundidad de la capa de mezcla, la termoclina (gradiente máximo) y las isotermas de 14° y 20°C (57° y 68°F) en los mismos estratos espaciotemporales. El Dr. Fiedler proporcionó datos similares, adicionales a datos del viento por cuadrángulo-mes de 2 grados por 2 grados para 1979-1990. Desafortunadamente, se han encontrado errores en ambas bases de datos, y todavía se estaba corrigiéndolos a fines de 1992.

Los objetivos principales de los estudios de la estructura térmica son:

1. Determinar cuáles factores ambientales están relacionados con la abundancia y distribución horizontal del aleta amarilla, y cuáles afectan su distribución vertical y vulnerabilidad a la captura por barcos cerqueros y de palangre.
2. Estandarizar las tasas de captura de acuerdo con aquellos factores que reflejan la vulnerabilidad a la captura, para hacer que las tasas de captura sean estimaciones mejores de la abundancia.
3. Definir el hábitat del aleta amarilla sobre la base de aquellos factores que estén relacionados con la abundancia.
4. Llevar a cabo los objetivos 1-3 para grupos de edad anuales, ya que es posible que la reacción de peces a la temperatura varíe con la talla del pez.
5. Examinar la estructura térmica en los estratos espaciotemporales en los cuales se capturan en la superficie aletas amarillas grandes no asociados con delfines.

### ***Composición de talla de la captura***

Las muestras de frecuencia de talla son la fuente básica de los datos usados para estimar la composición por talla y edad de las distintas especies de peces en las descargas. Esta información es necesaria para obtener estimaciones de las poblaciones estructuradas por edad, usadas

para varios propósitos, entre ellos el modelado de las poblaciones con estructura de edades. Los resultados de dicho modelado pueden ser usados para estimar el reclutamiento, que puede ser comparado con la biomasa reproductora y las condiciones oceanográficas. Además, las estimaciones de mortalidad obtenidas a partir del modelado pueden ser usadas, en conjunto con las estimaciones del crecimiento, para el modelado del rendimiento por recluta. Los resultados de estudios de este tipo han sido descritos en diversos Boletines de la CIAT y en todos los Informes Anuales desde 1954.

Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro capturados por barcos cerqueros y de carnada en el Océano Pacífico oriental (OPO) son tomadas por el personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, los Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete fue iniciado en 1954, y continúa actualmente.

De la captura de 1992 se tomaron y procesaron 756 muestras de aleta amarilla, 300 de barrilete, 2 de aleta azul, 23 de patudo, y 7 de barrilete negro. La mayoría de éstas muestras fueron de 50 peces. Se estratifican las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla y barrilete por área de medición (Figura 13), mes, y arte de pesca. Se divide el muestreo de cada estrato en dos etapas: en la primera, se toman muestras de una "unidad" del barco (generalmente una o dos bodegas), y en la segunda se muestrean peces individuales. Se muestrean al azar de cada unidad muestrada. Para estimar el número total de peces de cada grupo de talla en la unidad muestrada se divide el peso total de la captura en la unidad por el peso promedio de los peces muestreados en la unidad; a continuación se multiplica este cociente por la fracción de peces muestreados en ese grupo de talla. Se obtienen los totales de cada estrato, expresados en número de peces, para cada grupo de talla sumando los totales de cada unidad muestrada y multiplicando el resultado por la razón del peso de la captura registrada en ese estrato a la suma del peso de las unidades muestradas. Los totales trimestrales y anuales se obtienen sumando los datos de todos los estratos muestreados en el trimestre o año en cuestión. Se obtiene el peso promedio anual y trimestral al dividir la suma del peso de las capturas de todos los estratos muestreados por la suma de todos los grupos de talla en las estimaciones trimestrales y dividiendo este suma en la suma de los pesos de las capturas de todos los estratos muestreados. Se describen estos procedimientos más detalladamente en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 6.

La Figura 14 consiste de histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2 cm, en 1992 en las áreas de medición del ARCAA (todas las áreas excepto 10 y 11 en la Figura 13). En la figura, las áreas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). Las distribuciones varían considerablemente de área a área. En las Areas 1, 8, y 6 más del 50% de la captura, en peso, consistió de peces de talla inferior a los 100 cm. En las otras áreas ocurrió lo contrario. El Area 8 tenía una moda prominente entre los 60 y 80 cm, y esta moda parece estar también presente en las Areas 4, 5, 6, y 7. Sin embargo, en las Areas 4, 5, y 13 las modas más prominentes ocurrieron entre los 100 y 130 cm. En las Areas 6, 7, y 13 habían relativamente pocos peces capturados entre los 80 y 110 cm, y las modas prominentes solían estar hacia los límites de las distribuciones.

En la Figura 15 se muestran histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2 cm, en el ARCAA durante cada año del período de 1987-1992. En 1992 el peso promedio del aleta amarilla capturado en el ARCAA fue 11.5 kg (25.3 libras), peso 1.2 kg (2.6 libras) superior al promedio de los valores anuales de 1987-1991.

La Figura 16 consiste de histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2 cm, en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W (las Areas 10 y 11 en la Figura 13) en cada año del período de 1987-1992. La distribución en 1992 fue bien llana entre los 100 y 150 cm, faltando el grupo modal prominente entre los 120 y 150 cm presente entre 1987 y 1991. El peso promedio de 1992, 19.6 kg (43.2 libras), fue 8.3 kg (18.4 libras) inferior al promedio de los valores anuales de 1987-1991, y es el más bajo desde 1983. En 1992, al igual que en años anteriores, la captura proveniente de este área contuvo una mayor proporción de peces más grandes de 100 cm que la captura del ARCAA. En el ARCAA un 51% de la captura, en peso, midió 100 cm o más, mientras que en la zona al oeste del ARCAA un 74% de la captura midió 100 cm o más.

En la Figura 17 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1 cm, en las áreas de medición en el OPO durante 1992. Se combinaron los datos de las cuatro áreas más norteñas (1, 2, 4, y 8), debido a las bajas capturas en ellas logradas. En contraste, en las Areas 6 y 13 juntas se logró el 79% de la captura total. El Area 6 tenía dos modas prominentes, una entre los 40 y 50 cm y la otra entre los 50 y 60 cm. En el Area 13 tenía una moda prominente centrada en los 45 cm, aproximadamente.

La Figura 18 consiste de histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1 cm, en el OPO entero en cada año del período de 1987-1992. En 1992 el peso promedio del barrilete capturado en el OPO fue 2.6 kg (5.7 libras), 0.7 kg (1.6 libras) inferior al promedio de los valores anuales de 1987-1991, y el más bajo desde 1983.

El aleta azul del norte es capturado frente a California y Baja California entre 23°N y 35°N, aproximadamente, principalmente entre mayo y octubre. En 1992 fue capturado entre 30°N y 34°N solamente, entre julio y octubre. La captura en 1992, unas 2,000 toneladas, fue la más grande desde 1986. Se muestran en la Figura 19 histogramas del tonelaje estimado de aleta azul capturado, por intervalos de 2 cm, en cada año del período de 1987-1992.

La captura de superficie de patudo es incidental a la de aleta amarilla y barrilete (Tabla 1), y la captura total y la cantidad de muestras de frecuencia de talla son muy inferiores a las de aleta amarilla y barrilete. La Figura 20 consiste de histogramas de la captura estimada de patudo, por intervalos de 2 cm, en el OPO en cada año del período de 1987-1992.

En la Figura 21 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla de barriletes negros medidos durante 1987-1992. La captura de barriletes negros es incidental a aquella del aleta amarilla y barrilete, y gran parte es desechada o vendida a procesadores aparte del comercio usual, y por lo tanto no se ha intentado estimar la captura por intervalos de talla.

### ***Relaciones peso-talla del aleta amarilla y barrilete***

En 1990 se inició un estudio para obtener más información sobre los efectos de tiempo (año, temporada, y hora del día), área, y tipo de cardumen sobre la relación peso-talla del aleta amarilla y barrilete en el OPO. Este estudio se basa en mediciones de 10,073 aletas amarillas de entre 25 y 170 cm de talla, y de 4,207 barriletes de entre 30 y 80 cm de talla, realizadas entre mayo de 1990 y enero de 1992. Se realizó el muestreo oportunísticamente con peces capturados con redes de cerco y descargados en Ensenada y Mazatlán (México) y Mayaguez (Puerto Rico). Análisis preliminares muestran que casi todas las categorías de mes-área-tipo de cardumen son significativamente distintas. En particular, los peces que se capturaron asociados con objetos flotantes pesan menos que peces de la misma talla capturados con delfines o en cardúmenes no asociados. Debido a que los lances sobre objetos flotantes se inician por lo general antes de las 8 de la mañana, y los otros tipos más tarde, se están haciendo pruebas con los datos estratificados por hora del día. Los peces capturados temprano en la mañana parecen pesar menos que aquel-

los de la misma talla que se capturan más tarde en el día, sin importar el tipo de lance, pero hay pocos datos para el análisis.

Ya que varios científicos que han trabajado con relaciones peso-talla han sugerido que existen relaciones distintas para machos y hembras, se está realizando un estudio separado para determinar si éste es el caso en el OPO. Hasta la fecha han sido muestreados 464 aletas amarillas (253 machos y 211 hembras) y 129 barriletes (69 machos y 60 hembras).

### ***Estudios de simulación en computadora***

El modelo de Schaefer (Boletín de la CIAT, Vol. 1, N° 2, y Vol. 2, N° 6) es una herramienta importante para estimar la abundancia de peces a partir de una serie de tiempo de datos de captura y esfuerzo. Los modelos estructurados por edad pueden a veces producir estimaciones más precisas de la abundancia, pero tales estimaciones son disponibles solamente después de una demora inherente al modelo. Los modelos de producción, tal como el de Schaefer, son más eficaces para la estimación y predicción a corto plazo.

Por lo general, los esfuerzos de modelado con el aleta amarilla han tenido éxito, aunque dos veces, después de 1968 y después de 1983, pareció que la productividad de la pesquería había aumentado. Por consiguiente, los parámetros del modelo fueron calculados de nuevo dos veces: la primera vez se eliminaron los datos para los años antes de 1969 y la otra vez se eliminaron los datos para los años antes de 1984. El aumento aparente de la productividad observado después de 1968 es el resultado de una expansión geográfica de la pesquería que ocurrió durante ese período. Es más difícil explicar el aumento aparente de la productividad más reciente. Existen dos hipótesis que atribuyen el cambio a una modificación en el proceso de pesca.

Aunque el alcance de la pesquería no ha aumentado desde 1983, la pauta de explotación ha cambiado, ya que más esfuerzo ha sido dirigido hacia el área de altura donde los peces están generalmente asociados con delfines. Es posible que la redistribución del esfuerzo haya causado una explotación más eficaz de la producción potencial de la región. El hecho de que los peces capturados en asociación con delfines suelen ser más grandes que aquellos capturados en asociación con objetos flotantes y aquellos capturados en asociación con otros peces solamente sugiere una hipótesis alternativa. Estudios descritos en otras sesiones de este informe indican que ocurre un rendimiento por recluta aumentado cuando una porción mayor de la captura consiste de peces capturados en asociación con delfines.

Se observa con frecuencia que una serie de conjuntos de parámetros producirá ajustes razonables del modelo a cualquier conjunto de datos. Para dos conjuntos de datos generados por computadora (Informe Anual de la CIAT para 1991: 201), uno con capturas de peces mixtos capturados con y sin delfines y el otro solamente con delfines, se puede encontrar un solo conjunto de parámetros que se ajustaría a ambos. Por lo tanto, la tendencia hacia la captura de más peces asociados con delfines sería insuficiente para hacer necesario un recálculo de los parámetros del modelo.

Se ha desarrollado una serie de modelos espaciales para tratar el efecto de la redistribución geográfica del esfuerzo. Para la mayoría de los modelos de pesquerías se supone que un stock de peces consiste de una sola población que es uniformemente vulnerable al esfuerzo de pesca. De hecho, se define un stock como una población que puede ser administrada como una sola entidad. Sin embargo, el supuesto de vulnerabilidad uniforme debe ser considerado como aproximación, porque los peces no son directamente vulnerables al esfuerzo de pesca que no tiene lugar muy cerca de ellos. Antes de 1969, la pesca estaba limitada al área costera del Océano Pacífico oriental (OPO), pero la captura fue mayor que la producción biológica de ese área; fue sostenida por el desplazamiento de los peces de áreas no explotadas. Se construyó un

modelo unidimensional sencillo de la pesquería antes de 1969, en el cual se supuso que los peces se dispersan a una velocidad constante dentro de un ambiente con una capacidad de carga uniforme. El modelo de Schaefer simétrico describió la dinámica poblacional subyacente del modelo de producción, pero la migración neta de las áreas distantes aumentó con la explotación. El rendimiento de equilibrio consiste de la suma de la producción local y la migración neta, y cuando se graficó ésta contra el esfuerzo, se obtuvo una curva asimétrica. En este caso, por lo menos, la dinámica deducida para la población sin considerar la variación espacial fue claramente errónea. Se determina la captura para una pesquería costera como ésta tanto a partir del coeficiente de difusión como de la tasa de crecimiento de la población, y es menos afectada por la capacidad de carga total de la región.

A partir de 1969 el esfuerzo de dispersó en una región seis o siete veces el tamaño del área costera. Con el aumento del alcance, el rendimiento sostenible estimado fue aproximadamente el doble, apoyando la hipótesis de que gran parte de la captura anterior era debida a la inmigración. Sin embargo, el esfuerzo y la captura en el área costera fueron superiores al promedio. Otras áreas sostuvieron más esfuerzo y produjeron capturas mayores que el área costera. Estas áreas están asociadas con una mayor productividad primaria, y se cree que proveen mejor alimento para los atunes. Se puede representar esto en un modelo de producción de biomasa mediante la atribución de capacidades de carga más elevadas a estas áreas.

Se dispone de estimaciones de la velocidad de difusión de los resultados de experimentos de marcado (Boletines de la CIAT, Vol. 5, N° 5, Vol. 15, N° 1, Vol. 16, N° 1, y Vol. 17, N° 6). Los datos no demuestran ningún desplazamiento dirigido del aleta amarilla. La velocidad promedio de dispersión de los peces marcados suele ser alta, y las estimaciones de la misma obtenidas a partir del marcado de peces en áreas y tiempos diferentes varían mucho. Se caracterizan generalmente poblaciones de peces que faltan dirección clara en sus desplazamientos como de desplazamiento difusivo. Se ha demostrado en un estudio anterior (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Bull., 87 (2): 353-362) que, por lo menos para el aleta amarilla, la velocidad de difusión no puede ser constante, porque si lo fuera, la abundancia sería casi uniforme en todo el OPO, lo cual no es cierto. De hecho, las áreas donde se cree que hay más alimento para los aletas amarillos proporcionan capturas más grandes que las otras áreas. Se propuso que la velocidad de difusión quizás varía como función del medio ambiente inmediato, y, en particular, que la difusión varía como función de la tasa de crecimiento media de los aletas amarillos individuales en esa región. Esto permitiría a la población de aleta amarilla seguir más fielmente la distribución de su alimento.

Este modelo, publicado en forma conceptual solamente, ha sido ahora ajustado a los datos disponibles. Se modela la población separadamente para cada área de 1° dentro del OPO. Hubiera sido impracticable estimar la capacidad de carga de cada área por separado, así que, usando una serie de totales anuales, se clasificó cada área de 1° como área de gran abundancia o área normal. Se supuso que todas las áreas de 1° en cada clase tenían la misma capacidad de carga. Se supuso que la tasa de crecimiento intrínseca de la población,  $r$ , era constante en toda la región. Cuando se trató la difusión como constante fue imposible ajustar el modelo, confirmando las conclusiones del modelo conceptual original.

Con una tasa variable de difusión, el procedimiento de ajuste convergió. El procedimiento minimizó la suma de cuadrados de las diferencias entre las dos series, el total de los logaritmos naturales de las capturas registradas en cada área de 5° y el total de esos valores producido por el modelo. En la Figura 22 se ilustran las dos series. El ajuste parece ser bastante bueno, pero esto es engañoso, ya que una comparación de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) estimadas con las CPUE observadas demuestra que el modelo espacial no explica el incremento en las capturas de los últimos años mejor que el modelo de producción original, o agregado (Figura 23). El modelo agregado se ajusta bien a los datos del período de 1968-1983, pero la eliminación

de los datos de los años aparentemente anómalos después de 1983 no mejora sustancialmente el ajuste del modelo espacial. El mejor ajuste con el modelo espacial y el conjunto de datos trunca-do no replica la disminución observada de la CPUE reproducida por el modelo agregado ajustado al mismo período. Por otro lado, los parámetros obtenidos mediante el ajuste del modelo agrega-do a los datos del período más corto sugieren que la población hubiera disminuido hasta cero, dadas las capturas subsecuentes. Cabe destacar que las capturas mensuales máximas después de 1983 no superaron aquellas de antes de 1984; el aumento en las capturas anuales provino de capturas mayores en meses durante los cuales las capturas habían sido bajas anteriormente.

En el modelo, la capacidad de carga es constante a lo largo del año, pero el esfuerzo, y por lo tanto la captura, tiene un componente estacional muy claro. El modelo permite la recu-peración de la población local durante las temporadas del año con poca actividad pesquera en un área. Si la población se compartara de esta manera, entonces sería improbable que la flota ocupe y desocupe las varias áreas a base temporal. En realidad, la capacidad de carga de cada área probablemente aumenta y disminuye con las estaciones, pero la estimación de esa capacidad obtenida por medio del ajuste del modelo corresponde a aquella del período de esfuerzo máximo en el área. Se sobreestima la capacidad de carga total, y también la abundancia total. Esto podría a su vez llevar a una subestimación de la tasa de crecimiento intrínseca, ya que los cam-bios locales en la abundancia podrían ser explicados por la inmigración, y no por la producción biológica *in situ*.

No es por lo tanto sorprendente que se obtengan estimaciones más altas de la capacidad total de carga con el modelo espacial que con el agregado. La tendencia del modelo espacial de incluir el supuesto que las áreas sin pesca representan refugios para la población quizás explique también parte de la razón de que el ajuste obtenido no sea significativamente mejor que aquel del modelo agregado. En cualquier momento dado no hay pesca en gran parte de la región, y así se limita el grado de sobrepesca que puede ocurrir *en el modelo*. La población total dentro del modelo podría permanecer a un nivel bastante alto aún si el esfuerzo total tendiera hacia la infinidad, a causa de los refugios en el modelo. Dada la distribución espacial registrada del esfuerzo y las capacidades de carga modeladas sin variación estacional, quizás sea imposible para un modelo de este tipo atribuir la disminución de la CPUE entre 1969 y 1984 al efecto de la pesquería. No ocurriría este problema si se hiciera que la capacidad de carga variase con las temporadas del año, usando estimaciones de producción primaria disponible que se pueden obtener por satélite, o quizás de un modelo separado basado en la oceanografía física de la región.

Retrospectivamente, esta formulación sencilla de un modelo espacial parezca quizás ingenua. De ser así, entonces debería quedar claro que el modelo agregado padece de un proble-ma de simetría. Incluye el supuesto de que todos los peces siempre son igualmente vulnerables al esfuerzo de pesca, y sin embargo hay por lo menos una parte del área donde no hay esfuerzo de pesca durante la mayor parte del año a causa del mal tiempo. En esta zona lejos de la costa los peces probablemente permanecen todo el año, pero son vulnerables a la pesquería solamente durante las temporadas de buen tiempo. Estos peces estarán subrepresentados en cualquier modelo agregado; de esta forma, el modelo agregado puede subestimar la capacidad de acarreo, y así sobreestimar la tasa de crecimiento intrínseca. La zona de altura podría representar un refu-gio verdadero que no se incluye en el modelo agregado, en contraste con el modelo espacial, que crea refugios artificiales. Es posible que la variabilidad reducida de las capturas mensuales en años recientes provenga de una mayor voluntad por parte de los pescadores de continuar la pesca en el área de altura durante las temporadas de mal tiempo.

La hipótesis de que el aumento sostenido en capturas desde 1984 fue el resultado de una explotación más eficaz de aleta amarilla ocasionada por un cambio en la distribución del esfuerzo permanece viable. Se debería quizás modificarla ligeramente para reiterar que este cambio no es solamente geográfico sino que también contiene un elemento temporal. Se aumentaron las capturas anuales extendiendo el período de capturas elevadas dentro de un año, lo cual es aparentemente el resultado de cambios a la distribución espaciotemporal del esfuerzo. Para investigar más a fondo esta hipótesis, es necesario incorporar variación estacional de la capacidad de carga en el modelo.

***Capturas, por embarcaciones cerqueras, de aletas amarillas grandes no asociados con delfines***

Se realizaron análisis preliminares de las proporciones de aleta amarilla grande en las capturas cerqueras de atún no asociado con delfines. Para este estudio se consideraron como peces grandes a los aletas amarillos de talla igual o superior a los 80 cm (aproximadamente 10 kg o 23 libras). Se usaron en el estudio datos de bitácora de la CIAT, datos recopilados por observadores del Programa Atún-Delfín de la CIAT y un programa similar nacional estadounidense, y datos de frecuencia de talla de 1985-1991. Se transformaron las proporciones de aletas amarillas grandes en las capturas de aleta amarilla a los arcosenos de las raíces cuadradas de esas proporciones para normalizar los datos para análisis de varianza. Los factores que se determinó ejercen efectos significativos, al nivel de 1%, en las proporciones de aletas amarillas grandes en los lances fueron año, tipo de lance (sobre cardúmenes no asociados, asociados con delfines, o asociados con objetos flotantes), presencia o ausencia de barrilete, temporada-área (Figura 11), y la interacción tipo de lance x temporada-área. Los factores no significativos fueron velocidad del barco, capacidad del barco, uso de helicóptero para localizar peces, presencia o ausencia de observadores, y todas las interacciones con la excepción de aquella entre tipo de lance y temporada-área.

En las Tablas 9 y 10 se presentan los resultados de los análisis de varianza iniciales. En la Tabla 9 se presentan los datos correspondientes al modelo con los cinco factores significativos (año, tipo de lance, barrilete, temporada-área, e interacción tipo de lance x temporada-área) junto con tres factores no significativos (velocidad del barco, capacidad del barco, y observadores). La eliminación de los factores no significativos uno por uno, usando un procedimiento de retroeliminación, produjo los resultados detallados en la Tabla 10. En la Tabla 11 se presentan las predicciones de los porcentajes de aleta amarilla en los estratos temporada-área en la Figura 11, basado en estos resultados y efectos medios de año y barrilete. También se presentan en esa tabla los porcentajes medios observados. Predicciones de capturas de más de un 50% aletas amarillas grandes en lances sobre cardúmenes no asociados fueron obtenidas para estratos temporada-área 1, 3, 4, 6, 11, y 15 (Figura 11), y predicciones de capturas de más de un 49% aletas amarillas grandes en lances sobre cardúmenes asociados con objetos flotantes fueron obtenidas para estratos temporada-área 1, 2, 5, y 7, todos al sur de la línea ecuatorial.

En la Tabla 12 se presentan los resultados de un análisis de varianza para solamente lances no efectuados sobre delfines. El efecto del observador no es significativo en la Tabla 9 ni en la Tabla 12, lo cual señala que el reportaje de tipo de lance por los capitanes es consistente con el reportaje por los observadores.

***Biología reproductora del aleta amarilla***

Un conocimiento de la biología reproductora del atún aleta amarilla es importante para una comprensión adecuada de la dinámica poblacional de esta especie. Se ignoran todavía aspec-



tos importantes de dicha biología, entre ellos la variabilidad espacial y temporal del desove, la talla y la edad de madurez sexual, y la frecuencia del desove. La investigación de la biología reproductora del aleta amarilla debería contribuir a una comprensión de la relación entre el desove y el reclutamiento, y hacer posible la evaluación del efecto de la pesca sobre el potencial reproductor de la población. Esto parece ser particularmente pertinente, considerando el cambio posible en la moda de pesca de una dirigida hacia aletas amarillas grandes y maduros asociados con delfines a una dirigida hacia atunes más pequeños e inmaduros no asociados con delfines.

Se inició en 1987 un programa de investigación a gran escala a fin de obtener información sobre las características reproductoras del aleta amarilla específicas por talla en el Océano Pacífico oriental (OPO). Se describen en el Informe Anual de la CIAT de 1989 los objetivos de esta investigación, el diseño experimental, y las muestras recogidas. Durante 1992 la énfasis principal fue la clasificación histológica, con microscopía de luz, de las 15,000 muestras de tejidos de testículos y ovarios preparadas para el examen microscópico de las muestras tomadas de peces en el mar. No se completará probablemente hasta 1994 el examen e interpretación de las muestras y el análisis de los datos.

En 1992 se completó el procesamiento de ovarios adecuados para estimar la fecundidad por camada (número de ovocitos desovados en una camada). Las estimaciones de la fecundidad por camada, la frecuencia del desove, y la duración de la temporada del desove son necesarias para estimar la fecundidad anual para las especies de desove múltiple como el aleta amarilla. Para estimar la fecundidad por camada se cuenta el número de ovocitos de etapa de núcleo migratorio o hidratada en muestras de los ovarios de los peces, y a continuación se multiplica el conteo por la razón del peso de los ovarios al peso de la muestra. Se pueden distinguir fácilmente los ovocitos con núcleo migratorio e hidratados de los demás por su mayor tamaño ( $>0.8$  mm) y su translucidez. Este método es preferible al método de distribución de ovocitos por tamaño, usado casi universalmente hasta mediados de los años 80, puesto que estas etapas de desarrollo de los ovocitos ocurren directamente antes del desove, y por lo tanto se evita el problema de separar los ovocitos más desarrollados de los ovocitos más pequeños adyacentes en los ovarios menos maduros, cuando no existe ningún vacío entre estas clases. Cuando se usan los ovarios con ovocitos con núcleo migratorio e hidratados para estimar la fecundidad por camada, es esencial determinar, mediante una investigación histológica, si ha comenzado el desove. Si hay presentes folículos postovulatorios, no se usan los ovarios para estimar la fecundidad por camada.

Fue necesario determinar inicialmente si los ovocitos con núcleo migratorio e hidratados están distribuidos al azar en los ovarios. Se comprobó esto mediante la comparación de la densidad de estos dos tipos de ovocitos de cinco lugares en los ovarios de 10 peces. Un análisis de varianza no indicó ninguna diferencia significativa entre estos lugares, pero se tomaron las muestras rutinariamente de la porción medial de una lámina de la región central del ovario derecho o izquierdo. Se tomaron de los ovarios de cada hembra dos muestras de tejido, cada una de unos 0.05 gramos. Se contaron entre 50 y 300 ovocitos con núcleo migratorio o hidratados en cada muestra.

Los datos de la fecundidad por camada representan muestras tomadas durante dos años consecutivos, entre octubre de 1987 y septiembre de 1988 (Período 1) y entre octubre de 1988 y septiembre de 1989 (Período 2). No se dispusieron de muestras para todos los trimestres dentro de períodos y áreas. Se usaron análisis de covarianza de las transformaciones logarítmicas de fecundidad por camada *versus* talla, para conjuntos truncados de datos con tallas similares, a fin de comprobar la significancia de las diferencias para las relaciones (1) entre trimestres dentro de áreas y períodos, (2) entre períodos dentro de un área, y (3) entre áreas dentro de período(s). Se definen las áreas como: Área 1, al norte de  $20^{\circ}\text{N}$ ; Área 2,  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}\text{N}$ ; Área 3,  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}\text{N}$ ; y Área 4, al sur de  $0^{\circ}$ . Se presentan en la Tabla 13 los resultados de los análisis.

Las ecuaciones que expresan la relación entre fecundidad por camada y talla dentro de la temporada de desove se diferenciaron significativamente entre trimestres para el Area 3 durante el Período 1 (Prueba 3), pero no para el Area 2 durante el Período 1 ó 2 (Pruebas 1 y 2). La fecundidad por camada predicha para un pez de 120 cm en el Area 3 durante los dos primeros trimestres es aproximadamente 2,750,000 huevos, pero disminuye hasta aproximadamente 1,710,000 huevos durante el tercer trimestre.

Los resultados de un análisis de la relación entre fecundidad por camada y talla para el Area 2 no indicaron ninguna diferencia significativa entre las ecuaciones para los Períodos 1 y 2 (Prueba 4).

Los resultados de un análisis de la relación entre fecundidad por camada y talla para las Areas 1, 2, y 3 para el mismo período indicaron una diferencia significativa en los medios ajustados (Prueba 5). Análisis posteriores (pruebas de *t*) indicaron que los promedios ajustados de las Areas 2 y 3 no se diferenciaron significativamente entre sí, pero que cada uno fue significativamente diferente de aquel del Area 1, indicando que no hay una diferencia aparente para las relaciones entre fecundidad por camada y talla para las Areas 2 y 3. Los resultados de los análisis de las relaciones entre fecundidad por camada y talla para las Areas 1, 2, 3, y 4 para los dos períodos combinados indicaron una diferencia significativa en los promedios ajustados (Prueba 6). Análisis subsecuentes (pruebas de *t*) indicaron que los promedios ajustados de las Areas 2, 3, y 4 no se diferenciaron significativamente entre sí, pero cada uno fue significativamente diferente de aquel del Area 1, indicando que no hay una diferencia aparente para las relaciones entre fecundidad por camada y talla en las Areas 2, 3, y 4 para los dos períodos en cuestión.

Aunque existen algunas diferencias temporales y geográficas estadísticamente significativas en las relaciones entre fecundidad por camada y talla, que se investigarán más a fondo y publicarán, se agruparon todos los datos ( $yyynxxx = 345$ ) para calcular una regresión general (Figura 24). La siguiente ecuación corresponde a la función de potencia, ajustada con un procedimiento de regresión no lineal ponderado:

$$\hat{Y}_{BF} = 0.0003747L^{3.180758}$$

donde  $\hat{Y}_{BF}$  es la fecundidad por camada predicha de la línea de regresión, y  $L$  es la talla en milímetros. El error estándar de estimación para la ecuación es 1.013. Los siguientes valores corresponden a la fecundidad por camada para aletas amarillas de talla especificada, predichos a partir de la ecuación general de regresión:

Talla (cm)	Fecundidad (millones)	Talla (cm)	Fecundidad (millones)
80	0.642	120	2.332
90	0.934	130	3.008
100	1.306	140	3.808
110	1.768	150	4.743

### ***Estudios de otolitos***

Se examinaron once parejas de otolitos extraídos de aletas amarillas marcados que habían sido liberados y recapturados en el Océano Pacífico occidental (WPO), a fin de determinar si los incrementos son depositados diariamente. Los peces fueron inyectados con tetraciclina al ser liberados durante un programa de marcado realizado por la South Pacific Commission a mediados

de 1992. A fin de comprobar la hipótesis de deposición diaria de los incrementos, se ubicó la marca de tetraciclina en el otolito, se contó el número de incrementos entre la marca y el borde del otolito, y se comparó éste con el número de días entre la liberación y la recaptura. Los resultados para tres de los peces son como sigue:

Nº de la marca	Talla de recaptura (cm)	Incrementos: Promedio $\pm$ EE	Límites de confianza de 95%	Días en libertad
T00138	39	21.7 $\pm$ 0.41	20.73-22.61	21
T00105	43	45.2 $\pm$ 0.55	44.65-47.05	50
T00159	91	136.0 $\pm$ 1.39	133.13-138.97	175

Aunque estos resultados sugieren que hay una desviación ascendiente de la deposición diaria de los incrementos a medida que aumenta la talla del pez, esta conclusión sería prematura, por dos razones. En primer lugar, la muestra es demasiado pequeña y, en segundo lugar, el patrón de los incrementos fue difícil de interpretar. Comparados con los incrementos bastante regulares y uniformemente separados en aletas amarillas del Pacífico oriental (Boletines de la CIAT, Vol. 17, Nº 7, y Vol. 18, Nº 6), a menudo los incrementos en los peces del WPO se dividían y los espacios que los separaban eran irregulares. Bajo estas condiciones, es difícil decidir cuáles estructuras constituyen incrementos individuales. Si estos patrones son consistentes en los aletas amarillas del WPO, es posible que sea necesario desarrollar criterios especiales para identificar y contar los incrementos en sus otolitos.

#### **Estudios del aleta azul**

##### ***Composición de edad y crecimiento de aletas azules capturados en el Océano Pacífico oriental***

Se han usado datos de frecuencia de talla, capturas por peso, y relación peso-talla para estimar las frecuencias de talla, en número de peces, de aletas azules capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO), usando procedimientos similares a aquellos usados actualmente para el aleta amarilla. A continuación se usaron datos sobre la progresión temporal de los grupos modales para asignar edades a los peces. En la Tabla 14 se presentan estimaciones de la talla promedio de los peces durante su primera, segunda, y tercera temporada en el OPO. Es obvio que el crecimiento es más rápido durante el verano que durante el invierno; ésto se ha encontrado ser también el caso con el aleta azul del norte en el Océano Atlántico y el aleta azul sureño, *Thunnus maccoyii*. La tasa de crecimiento entre julio del primer año y julio del tercer año es 0.675 mm por día, no muy diferente a la tasa de crecimiento de 0.709 mm por día estimada a partir de los datos de marcado (Boletín de la CIAT, Vol. 20, Nº 1).

En la Tabla 15 se presentan estimaciones de las capturas de peces de las clases anuales de 1948 a 1990. Los datos del Océano Pacífico occidental (WPO) fueron tomados de un manuscrito inédito preparado por el Sr. Yoshio Ishizuka del National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japón, cuando estaba trabajando en la oficina principal de la CIAT en La Jolla durante 1989 y 1990.

No se captura ningún pez en su primer año de vida (edad 0) en el OPO. En la mayoría de los años se capturan cantidades mayores de peces de edad 1 en el WPO y de edad 2 en el OPO. Las capturas de peces de mayor edad son mucho mayores en el WPO que en el OPO.

En algunos años en el OPO hay más peces de edad 1 que de edad 2, y en otros años ocurre lo contrario. Ya que son más grandes, los peces de edad 2 contribuyen mucho más a la captura por peso que los de edad 1.

### ***Abundancia del aleta azul en el Océano Pacífico oriental***

Los índices de abundancia son fundamentales a la evaluación de las poblaciones de peces. Normalmente se define abundancia como el número de postreclutas en la población entera, pero en esta sección se refiere al número de postreclutas en las aguas costeras del OPO.

Las capturas de aleta azul en el OPO durante los años 80 y principios de los 90 han sido muy inferiores a aquellas de los años 60 y 70. Se cree que las capturas reducidas en años recientes se deben, por lo menos parcialmente, a una menor disponibilidad del aleta azul en el OPO (Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1; Informe Anual de la CIAT de 1991: 251-254). Los aletas azules son capturados principalmente por barcos de 400 toneladas o menos de capacidad de acarreo (clases de arqueo 1-5), y el número de barcos en esta clase se ha ido disminuyendo. Por lo tanto, es también posible que las capturas reducidas se deban parcialmente o totalmente a una reducción del esfuerzo de pesca.

Existe claramente la necesidad de un índice confiable de la abundancia del aleta azul en el OPO, y por lo tanto se compararon varios tipos de datos que podrían ser indicativos de la abundancia del aleta azul, entre ellos:

#### **Capturas**

Captura comercial

Captura deportiva

#### **Captura por unidad de esfuerzo**

Índice Calkins

Índice de barcos que pescan aleta azul

Índice del hábitat de aleta azul

#### **Índices de estudios aéreos**

Las capturas pueden proporcionar buenas estimaciones de la abundancia, siempre que:

1. el esfuerzo de pesca permanezca constante; es decir, el número de barcos, la eficacia del arte de pesca, y la pericia de los pescadores no cambian entre años;
2. el esfuerzo de pesca esté dirigido principalmente hacia la especie en cuestión; es decir, los pescadores no dejan pasar oportunidades de capturar esa especie para intentar capturar otras;
3. el área ocupada por la especie en cuestión sea igual cada año;
4. la vulnerabilidad a la captura de la especie en cuestión sea igual cada año.

Es probable que las capturas comerciales de aleta azul no sean índices buenos de la abundancia de la especie, ya que el número de barcos cerqueros pequeños, que capturan la mayoría del aleta azul, ha disminuido de forma considerable desde los años 60. Es probable que las capturas por barcos deportivos basados en California tampoco sean índices buenos, ya que estos barcos pescan solamente en la parte norte del área ocupada por la especie en el OPO.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es el índice de abundancia relativa de peces de uso más frecuente. Es mejor que la captura porque no es necesario que el número de barcos pesqueros sea constante entre años. Sin embargo, todavía se tienen que satisfacer los demás requisitos arriba detallados.

Es posible que el índice Calkins (Boletín de la CIAT, Vol. 18, N° 2) haya proporcionado un índice relativamente bueno de la abundancia del aleta azul durante 1961-1980, los años considerados en el informe, pero aparentemente no durante 1981-1989 (Informe Especial 7 de la CIAT:

página 47 y Figura 7). Aparentemente los aletas azules estaban concentrados, durante algunos años de este período, en áreas pequeñas donde las CPUE fueron elevadas. Por lo tanto, aparentemente no se satisfizo el tercer requisito (que el área ocupada por la especie en cuestión sea igual entre años). Juzgando por las capturas, la abundancia total del aleta azul en el OPO fue baja durante gran parte del período 1981-1989.

Basado en la frecuencia con que capturaron aletas azules, se clasificaron ciertos barcos de la flota del OPO como "barcos pescando aleta azul" (Informe Trimestral de la CIAT de octubre-diciembre de 1992; Informe Interno 23 de la CIAT). El coeficiente de correlación entre las capturas y el número de barcos pescando aleta azul en el período de 1961-1989 es significativo al nivel de 1%. Sin embargo, esto no significa necesariamente que las cantidades de peces capturados sean determinadas principalmente por el tamaño de la flota (ni que el tamaño de la flota sea determinado por la abundancia del aleta azul). Por ejemplo, el tonelaje anual capturado durante 1961-1968 varió por un factor de 2.7 (17,523/6,491), mientras que el número de barcos pescando aleta azul varió por un factor de sólo 1.2 (70/60), y durante 1981-1989 las cifras correspondientes fueron 6.0 (5,604/940) y 1.6 (22/14). Por consiguiente, parece que las fluctuaciones en las capturas no se deben principalmente a fluctuaciones en el número de barcos pescando aleta azul en la flota. No hay ninguna evidencia en estos datos que indique que se debería rechazar la hipótesis de que la disponibilidad reducida de los peces contribuye de forma importante a las capturas disminuidas de aleta azul en el OPO. Dividir las capturas comerciales anuales totales de aleta azul en el OPO por artes de superficie por el número correspondiente de barcos pescando aleta azul produce índices de abundancia de aleta azul, pero no se presentan porque son probablemente inferiores al índice de "hábitat de aleta azul" descrito en el próximo párrafo.

Los aletas azules son capturados por barcos cerqueros en el OPO con mayor frecuencia en aguas con temperaturas superficiales de entre 17° y 23°C, y por lo tanto se supuso que el esfuerzo de pesca ejercido por cerqueros atuneros frente a California y Baja California en aguas con ese rango de temperaturas entre mayo y octubre es esfuerzo dirigido hacia aleta azul, sin tener en cuenta si se capturó la especie. Se evita así el problema causado por la concentración de aletas azules en una parte pequeña de su distribución, comentado arriba para el índice Calkins. Para obtener las CPUE anuales se dividieron las sumas anuales de las capturas registradas de aleta azul en el OPO por las sumas anuales del esfuerzo cerquero registrado en las áreas de 1° que eran hábitats adecuados para el aleta azul. Se presentan estos datos en la Figura 25. Parecen indicar que tanto la disponibilidad reducida como el esfuerzo pesquero disminuido han contribuido a las capturas reducidas de aleta azul en el OPO.

En el *Fishery Bulletin* del National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos, Vol. 91, N° 2, páginas 348-361, se comentan los índices de estudios aéreos de la abundancia del aleta azul. El área abarcada por estos estudios se extendía al sur solamente hasta 27°50'N, y por lo tanto no incluyó una parte considerable del área donde se capturan aletas azules. Es por lo tanto posible que no sean índices buenos de la abundancia del aleta azul en el OPO.

En resumen, se supone que los índices del hábitat del aleta azul son índices más realistas de la disponibilidad del aleta azul en el OPO que cualquiera de los otros índices arriba detallados. Sin embargo, esto no significa que no sea justificado un estudio más amplio del problema.

Los índices del hábitat del aleta azul indican que la abundancia de la especie en el OPO fue baja durante 1977-1991, excepto en 1985 y 1986. Estos fueron aparentemente años de abundancia alta de aleta azul, pero las capturas fueron solamente medias ya que el esfuerzo de pesca fue tan bajo. A menos que aumente el esfuerzo de pesca, no parece probable que se logren en el futuro capturas superiores a aquellas de 1985 y 1986.

### ***Estudios de picudos***

Los picudos, peces de importancia particular para las pesquerías de atunes recreacional y palangrera, son capturados incidentalmente en las pesquerías atuneras con red de cerco en los Océanos Atlántico, Pacífico, e Indico. Actualmente se carece de datos básicos sobre la biología de los picudos, inclusive la información necesaria para su manejo. Ya que los picudos comparten el hábitat de los atunes y son capturados en las pesquerías superficiales y subsuperficiales de los mismos, es apropiado que la CIAT y otras organizaciones involucradas en la investigación de los atunes realicen también investigaciones sobre los picudos. Los picudos son altamente migratorios, y es por lo tanto necesario que la investigación de los picudos del Pacífico se base en datos recopilados en todas partes del Océano Pacífico donde ocurren estas especies, y no solamente en parte del mismo. Consecuentemente, en 1991 la CIAT y el National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) del Japón iniciaron un programa conjunto para investigar la biología de los picudos. En diciembre de 1992 se recibieron los datos hidrográficos requeridos para este trabajo, y se comenzaron los análisis preliminares. Estos estudios se enfocan en la relación entre los picudos y su ambiente, y en la estimación de la condición de los stocks de marlines y peces vela en relación a la pesca. En el estudio se utilizan datos de las pesquerías recreacionales, palangreras, y cerqueras del Océano Pacífico entero.

Generalmente no se ha dispuesto de datos sobre las capturas de picudos en la pesquería atunera cerquera del Océano Pacífico oriental (OPO) ni de datos biológicos de los peces capturados. A fines de 1988, sin embargo, el personal de la CIAT comenzó a reunir información sobre las capturas de picudos y la biología de los mismos, a través de los observadores asignados a barcos de banderas aparte de la estadounidense principalmente para tomar datos sobre delfines.

Todas las especies de picudos del Pacífico son capturadas en la pesquería atunera cerquera del OPO. Las capturas estimadas de picudos en esta pesquería durante 1989-1990, 1991, y 1992 fueron las siguientes:

Especie	1989-1990	1991
Marlín azul, <i>Makaira nigricans</i>	650	650
Marlín negro, <i>M. indica</i>	1,100	600
Marlín rayado, <i>Tetrapturus audax</i>	850	700
Marlín trompa corta, <i>T. angustirostris</i>	<100	<100
Pez vela, <i>Istiophorus platypterus</i>	1,600	1,400
Pez espada, <i>Xiphias gladius</i>	<100	<100

Los datos de 1992 son preliminares.

Los picudos son capturados principalmente en las aguas entre la parte sur de México y la parte norte de Ecuador, y se logran las mayores capturas en el Golfo de Panamá (Figura 26). Los picudos aparecen en las capturas durante todo el año, pero las capturas de marlines son generalmente máximas durante el tercer y cuarto trimestre, y las de peces vela en el segundo. Sin embargo, en 1992 las capturas de peces vela fueron mayores durante el segundo y cuarto trimestre. Muestras de frecuencia de talla (Figura 27) indican que los marlines y peces vela capturados en la pesquería con red de cerco son de talla similar a aquellos capturados con palangre (Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 5).

### ***Estudios del ciclo vital temprano***

Desde hace ya muchos años los biólogos pesqueros creen que la abundancia de una población de peces se ve determinada principalmente durante sus etapas tempranas del ciclo vital (huevo, larva, y/o juvenil temprano). Décadas de investigación han descubierto una cantidad considerable de información sobre las poblaciones de atunes adultos, pero se sabe relativamente poco acerca de las etapas tempranas del ciclo vital y los factores que afectan el reclutamiento de los juveniles a los stocks explotables. En el Océano Pacífico oriental los pescadores no suelen capturar atunes de talla inferior a los 30 cm, y por lo tanto no se dispone de muchas atunes pre-reclutos. Estas consideraciones motivaron a la CIAT a establecer en la Bahía de Achotines, en la República de Panamá, un centro de investigación con el propósito de estudiar el ciclo vital temprano de los atunes.

La Bahía de Achotines está situada en la punta sur de la Península de Azuero en la Provincia de Los Santos, República de Panamá (Figura 28). La plataforma continental es bastante estrecha en este lugar: el contorno de 200 metros (109 brazas) se encuentra a entre 6 y 10 km (3 a 5 mn) del litoral. Este fenómeno les proporciona a los científicos del Laboratorio de Achotines un acceso fácil a aguas oceánicas donde desovan algunas especies de atunes en cada mes del año. La temperatura superficial del mar fluctúa entre 21° y 29°C. Agua salada bombeada desde la Bahía de Achotines es adecuado para mantener atunes vivos en el laboratorio. La proximidad del laboratorio al área de estudio ofrece una alternativa menos costosa que un buque de investigación, y permite una mayor flexibilidad en el muestreo.

El programa de la CIAT de investigación de las etapas tempranas del ciclo vital abarca estudios de laboratorio y de campo ideados para lograr un mayor conocimiento del procedimiento de reclutamiento y de los factores que lo afectan. Investigaciones anteriores del reclutamiento de los peces sugieren que tanto los factores abióticos (temperatura, salinidad, circulación local, etc.) como los biológicos (alimentación, predación, etc.) pueden afectar el reclutamiento. Ya que la supervivencia antes del reclutamiento es controlada probablemente por una combinación de estos factores, un programa de investigación del reclutamiento debe tomar en cuenta la interacción entre el sistema biológico y el ambiente físico. En esta sección se describen los estudios realizados en el programa de investigación del ciclo vital temprano.

Gran parte del trabajo realizado en el Laboratorio de Achotines en los primeros años fue dedicado a desarrollar métodos de capturar, trasladar, y mantener vivos en cautiverio a los escómbridos. Escómbridos larvales tardíos (en etapas de flexión tardía del notocordio y postflexión) y juveniles tempranos (de talla estándar (TE) de entre aproximadamente 8 y 35 mm) para propósitos de investigación fueron capturados de noche, usando una luz submarina suspendida de una lancha y capturándolos con un salabre. Hasta la fecha se han capturado en esta manera y mantenido vivos en el laboratorio atunes aleta amarilla y/o patudo (denominados *Thunnus* spp. de ahora en adelante en casos apropiados); atunes barrilete negro, *Euthynnus lineatus*; melvas, *Auxis thazard* y/o *A. rochei* (denominados *Auxis* spp. de ahora en adelante en casos apropiados); sierras, *Scomberomorus sierra*; caballas, *Scomber japonicus*; y bonitos del Pacífico, *Sarda orientalis*. (Es imposible en estas etapas del ciclo vital distinguir las larvas y juveniles tempranos de aletas amarillas y patudos usando caracteres morfológicos, merísticos, osteológicos, o de pigmentación; (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 86 (4): 835-838) se ha descrito la identificación de juveniles tempranos por electroforesis. Se pueden distinguir *Auxis thazard* y *A. rochei* larvales y juveniles tempranos a partir de diferencias menores en la pigmentación, la profundidad del cuerpo, y el conteo de las branquiespinas, pero las identificaciones son ambíguas.) Las investigaciones en el Laboratorio de Achotines se han enfocado en el barrilete negro, *Auxis* spp., y las sierras, los escómbridos más abundantes en las aguas al sur de la Península Azuero.

### ***Muestreo de escómbridos larvales y juveniles tempranos***

El muestreo nocturno de escómbridos larvales y juveniles tempranos en el Laboratorio de Achotines en 1992 fue limitado hasta fines de abril por los fuertes vientos alisios típicos durante los primeros cuatro meses del año. Generalmente, el esfuerzo de muestreo con luz submarina durante el resto del año fue elevado, pero con capturas bajas. Durante mayo y junio se encontraron grandes cantidades de *Auxis* spp. en varios cruceros de luz submarina. Antes de 1992, las tasas de captura más elevadas de escómbridos larvales tardíos y juveniles tempranos habían ocurrido durante julio y agosto, pero en 1992 fueron bajas durante estos meses. No obstante, a principios de septiembre y fines de octubre se modificó el procedimiento de luz submarina. Dos barcos de tamaño similar fueron usado para muestrear simultáneamente a unas 2 a 3 mn (3.7 a 5.6 km) más lejos de la costa que de costumbre. Con este método se capturaron cantidades grandes de larvas tardíos y juveniles tempranos de barriletes negros. Vientos terrales fuertes limitaron los esfuerzos de muestreo hacia fines del año.

### ***Propagación de escómbridos en el laboratorio***

Se continuaron en 1992 los esfuerzos de obtener huevos de escómbridos adultos a fin de proveer larvas recién criadas para experimentos de laboratorio. Barriletes negros machos fueron capturados y sus gónadas fueron examinadas en el mar. Varios machos fueron en condición madura, pero ninguna de las hembras capturadas tenía huevos completamente desarrollados. Esperma tomada de los machos fue refrigerada, y permaneció móvil hasta 18 días a 7°-8°C. Se capturó una melva *Auxis thazard* con huevos que parecían estar completamente desarrollados, pero ningún macho maduro de la especie. Se realizaron avances en los esfuerzos de capturar, trasladar al laboratorio, y mantener escómbridos adultos a fin de obtener huevos fertilizados. Barriletes negros fueron capturados con cabo y anzuelo y sometidos a distintos niveles de anestesia a fin de determinar cuál nivel permitiría el traslado de los peces sin herida. Un barrilete negro hembra de unos 43 cm de talla fue capturado cerca del Laboratorio de Achotines y trasladado a un estanque de 4.6 m de diámetro en el laboratorio en una bolsa de plástico llena de agua de mar oxigenada y 10 ppm de MS-222 (metanosulfonato de tricafna). Murió al cabo de 29 días, presuntamente a causa de una infección del hocico.

Durante 1992 se construyó en el Laboratorio de Achotines un tanque de 30,000 L de capacidad y 6.6 m de diámetro, con sistemas mejorados de filtración y esterilización ultravioleta de agua. Los desagües fueron diseñados para recoger huevos desovados por los peces sexualmente maduros en el tanque, tanto los huevos que se hunden como los que flotan. Se hicieron las modificaciones para estar preparado para el desove futuro de barriletes negros en cautiverio en el laboratorio. El primer caso de un barrilete negro que alcanzó la madurez sexual tras estar en cautiverio desde una etapa temprana de vida ocurrió en septiembre de 1991 (ver Informe Anual de la CIAT para 1991: 217); se descubrió al desmontar un tanque para reemplazarlo que cinco especímenes, capturados con luz submarina entre 305 y 307 días antes con tallas de entre 16 y 22 mm, eran sexualmente maduros.

A principios de noviembre, dos barriletes negros de unos 30 cm de talla, retenidos en un tanque de 15,000 L y de 4.5 m de diámetro desde su captura con luz submarina en julio, fueron trasladados al tanque más grande arriba descrito. Poco después de ser trasladados, los dos peces comenzaron a demostrar un comportamiento que se sospechaba ser de desove. Durante las semanas siguientes, se recogieron de las desembocaduras del tanque cada día unos pocos huevos de entre 0.9 y 1.0 mm de diámetro, pero no se cree que el desove ocurrió. No pareció que ningún de los huevos fue fertilizado. Este comportamiento de desove continuó a lo largo del año, pero se



recogieron pocos huevos durante diciembre. Al cabo de 1992, habían nueve barriletes negros de entre 20 y 23 cm de talla y dos de aproximadamente 34 cm en el tanque más grande. Serán mantenidos en cautiverio con la esperanza que madurarán y producirán huevos viables.

### ***Experimentos del crecimiento y supervivencia de zooplancton y escómbridos en el laboratorio***

En mayo se llevó a cabo un experimento de cuatro días de duración en el Laboratorio de Achotines para determinar si la temperatura del agua afectaba la supervivencia de organismos zooplanctónicos (no cultivados) usados para alimentar escómbridos larvales tardíos y juveniles tempranos durante experimentos de laboratorio. Seis estanques replicados fueron conectados para recibir agua a 23°C y seis para recibir agua a 28°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). Las densidades de los organismos zooplanctónicos fueron mantenidas a aproximadamente 30 por litro en todos los estanques. La supervivencia de los organismos zooplanctónicos fue estimada a partir de la cantidad de plancton que se añadió a cada estanque para mantener la densidad deseada. Una prueba de análisis de varianza (ANOVA) no mostró ninguna diferencia significativa en la supervivencia a las dos temperaturas.

En septiembre se llevó a cabo un experimento para examinar el efecto de la densidad de peces en los estanques de cría sobre el crecimiento y la supervivencia subsecuente. Barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos fueron capturados con luz submarina, trasladados al Laboratorio de Achotines, retenidos por 48 horas para permitirles aclimatarse, y distribuidos a cuatro estanques experimentales. Se abastecieron dos de los estanques con 6 peces cada uno y los otros dos con 18 cada uno. Se mantuvieron concentraciones de alimento de entre 60 y 80 organismos zooplanctónicos (no cultivados) por litro en cada estanque. Una prueba de ANCOVA indicó que no había ninguna diferencia significativa en el crecimiento ni la supervivencia durante los 7 días del experimento.

A fines de octubre y principios de noviembre, barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos fueron capturados con luz submarina, transportados al laboratorio, y usados en un experimento para examinar los efectos de concentración de alimento y temperatura del agua sobre su crecimiento y supervivencia. Al cabo de entre 48 y 60 horas de aclimatación en estanques, fueron trasladados a seis estanques de fibra de vidrio, de 330 litros de capacidad, con agua salada a 23°C, y seis estanques similares con agua salada a 28°C. Se mantuvieron concentraciones de alimento de 10, 40, y 80 organismos zooplanctónicos por litro en parejas de estanques a cada temperatura. Se sacaron submuestras de peces de cada estanque al comienzo del experimento para estimar la talla y el peso inicial de los peces. Al cabo de 8 días, se sacrificaron y se midieron los peces que sobrevivieron. Se analizarán los resultados en 1993.

### ***Condición nutritiva de los escómbridos larvales y juveniles***

Durante 1992 se completó un estudio de la condición nutritiva y las tasas de inanición de escómbridos larvales y juveniles tempranos capturados en el Golfo de Panamá durante la temporada de lluvias (mayo-noviembre) de 1988, descrito en los Informes Anuales de la CIAT de 1990 y 1991, y un informe científico sobre este trabajo fue aceptado para la publicación en la revista *Marine Biology* en 1993.

El estudio alimenticio abarcó el análisis histológico de barriletes negros, *Auxis* spp., y sieras larvales y juveniles capturados en el mar. La incidencia de desnutrición en larvas en preflexión (en etapa de primera alimentación) de los tres grupos taxonómicos fue elevada. Aproximadamente un 62% de las larvas en preflexión de barriletes negros y *Auxis* spp. fueron clasificadas como padeciendo inanición, y aproximadamente un 42% como moribundas (de inani-

ción terminal). Estas estimaciones constituyen unas de las primeras tasas registradas de estudios de campo sobre la incidencia de inanición en larvas de peces tropicales, y son las primeras tasas de inanición registradas para escómbridos larvales. Se determinó que el "punto crítico" alimenticio (el período de tiempo que puede sobrevivir el pez sin alimento y todavía recuperar) para larvas en preflexión es 1 ó 2 días. La condición celular de los hepatocitos del hígado, en particular el nivel relativo de vacuolización relacionada al almacenaje de glicógeno y lípidos, probó ser un indicio sensible de la condición nutritiva.

En las pruebas de laboratorio, el punto crítico de las larvas tardías (en postflexión) y juveniles tempranos ocurrió al cabo de entre 48 y 72 horas. Aunque las larvas en postflexión fueron moderadamente vulnerables a la desnutrición en las pruebas de laboratorio, menos del 13% de las larvas en postflexión capturadas en el mar presentaron tensión alimenticia leve, y no había ninguna larva en postflexión ni juvenil que presentara indicios de tensión alimenticia grave. Este patrón de incidencia de inanición sugiere que los escómbridos tropicales padecen mortalidad por inanición específica por etapa, y la probabilidad de muerte por inanición parece ser mucho menor para larvas en postflexión y juveniles tempranos. Sin embargo, estos resultados no corresponden necesariamente a todos los escómbridos en todas las áreas.

Durante junio, el Dr. Daniel Margulies de la CIAT participó en un crucero de investigación en el Golfo de México oriental y los Estrechos de Florida a bordo el barco de investigación *Columbus Iselin* de la Universidad de Miami. Este crucero formó parte de un programa de investigación, con fondos de la Fundación Nacional de Ciencias otorgados a la Universidad de Maryland, para investigar el reclutamiento de peces en la Bahía de Chesapeake, el Golfo de México oriental, y el frente de la Corriente del Golfo. El programa involucra científicos de varias instituciones académicas y laboratorios del gobierno estadounidense, y también la CIAT. El propósito principal del crucero fue investigar la distribución, abundancia, crecimiento, y alimentación de escómbridos larvales en el Golfo de México oriental y el frente de la Corriente del Golfo. Muestras de escómbridos larvales fueron conservadas para el análisis histológico de su condición nutritiva. Este análisis es similar a aquel usado para estudiar la condición nutritiva de escómbridos larvales cerca del Laboratorio de Achotines. Los datos recopilados durante el crucero permitirán una comparación y calibración de los métodos histológicos desarrollados para escómbridos larvales capturados de distintos sistemas oceánicos.

#### ***Edad y crecimiento de Auxis spp.***

Investigaciones realizadas en el Laboratorio de Achotines en julio y agosto de 1990 (Informe Anual de CIAT de 1990: 205-206) incluyeron experimentos para estimar las tasas de crecimiento de larvas tardías y juveniles tempranos de *Auxis* spp., a fin de determinar la tasa de formación de incrementos en los otolitos de estos peces, y evaluar la eficacia de hidrocóloro de tetraciclina (HTC) como marcador temporal de los otolitos.

Larvas tardías y juveniles tempranos de *Auxis* spp. fueron capturados con luz submarina durante dos noches consecutivas y trasladados vivos al laboratorio. Al cabo de entre 36 y 58 horas de aclimatación, 30 individuos de talla similar, de TE entre 14 y 21 mm, fueron distribuidos al azar en cuatro estanques. El primer día se submuestrearon 5 peces de cada estanque, y los 50 peces sobrevivientes en dos de los estanques fueron sumergidos por 12 horas en una solución de 100 mg/L de HTC. El día 5, 10 de los 48 sobrevivientes fueron submuestreados, y los 38 restantes fueron sumergidos una segunda vez por 18 horas en una solución de 200 mg/L de HTC. Los peces en los otros dos estanques sirvieron de controles. Se mantuvieron concentraciones de alimento de entre 50 y 100 organismos zooplanctónicos por litro durante los períodos experimentales y de aclimatación. El día 9 se sacrificaron los 35 peces restantes. Se midieron la talla estándar

dar y peso seco de los peces submuestreados y sobrevivientes, y se sacaron las ságitas y los lapilos (las dos más grandes de las tres parejas de otolitos) de los especímenes que habían sido sumergidos en HTC.

Las tasas diarias de supervivencia fueron altas (0.995 y 0.987 para los peces del grupo de control y de HTC, respectivamente). Un análisis de varianza de homogeneidad de la distribución binomial indicó que las tasas diarias de supervivencia no fueron significativamente diferentes.

El crecimiento de talla fue lineal durante el período de ocho días. Una prueba de análisis de covarianza indicó que las tasas de crecimiento de los peces de control y de aquellos tratados con HTC no fueron significativamente diferentes. Los datos fueron agrupados ( $n = 113$ ) y ajustados a una regresión lineal,  $l = 14.4 + 3.41t$ , donde  $l$  es la TE en milímetros y  $t$  representa los días en cautiverio.

Aunque el crecimiento en talla no fue afectado por la inmersión en las soluciones de HTC, el peso seco medio el día 9 fue significativamente mayor para el grupo tratado con tetraciclina que para el grupo de control (Figura 29). Se describe el crecimiento en peso seco para cada grupo por una regresión cuadrática de segundo poder ponderada. Se calcularon las regresiones como  $w = 8.88 + 1.82t^2$  ( $n = 40$ ) para el grupo de control y  $w = 6.97 + 2.12t^2$  ( $n = 39$ ) para el grupo tratado con tetraciclina, donde  $w$  es el peso seco en miligramos. Las tasas de crecimiento diarias fueron 20.1 mg/d y 23.3 mg/d para los grupos de control y de HTC, respectivamente. Aunque las tasas de supervivencia de los peces de control y de aquellos tratados con HTC no se diferenciaron significativamente, los peces del grupo de control parecían estar en peor condición que los del grupo tratado y mostraron algunos indicios de infección. Es posible por lo tanto que la inmersión en las soluciones de tetraciclina facilite el crecimiento, ya que reduce la incidencia de infección durante el confinamiento en el laboratorio. Se llevarán a cabo más estudios diseñados para examinar los efectos de densidad de peces, tamaño del estanque, e inmersión en HTC sobre el crecimiento, a fin de determinar si se debería usar HTC en experimentos de crecimiento en el futuro.

Independientemente de los efectos posibles del tratamiento sobre el crecimiento, los resultados de este experimento indican que larvas tardías y juveniles tempranos de *Auxis* spp. son capaces de crecer rápidamente cuando se mantienen niveles de alimento de entre 50 y 100 organismos zooplancónicos por litro en el laboratorio. Las tasas elevadas de crecimiento obtenidas en este experimento (3.41 mm/d) quizás sean debidas, parcialmente, a niveles de actividad bajos asociados con el cautiverio. Las tasas de crecimiento de larvas tardías y juveniles tempranos de *Auxis* spp. de tallas similares en condiciones naturales serán comparadas con las tasas de crecimiento obtenidas en el laboratorio a fin de determinar si son similares.

La frecuencia de la formación de incrementos en los otolitos de larvas tardías y juveniles tempranos de *Auxis* spp. fue asimismo determinada a partir de los otolitos de peces sumergidos en las soluciones de HTC. Todos los 45 peces sumergidos en la solución de 100 mg/L tenían marcas de fluorocromo visibles en los lapilos correspondientes a la inmersión en la solución de 100 mg/L, pero solamente 38 de ellos tenían marcas visibles en las ságitas. Todos los 38 peces sumergidos en la solución de 200 mg/L tenían marcas visibles en las ságitas y lapilos correspondientes a la inmersión en esa solución. Por lo tanto, una solución de HTC de 200 mg/L es más eficaz que una solución de 100 mg/L para marcar los otolitos de *Auxis* spp. larvales tardíos y juveniles tempranos. Las ságitas proporcionan un estimador de edad más confiable que los lapilos. Sin embargo, cuando las marcas de fluorocromo no eran visibles en las ságitas, se usaron los lapilos para determinar la frecuencia de la formación de incrementos. El número de incrementos contados después de las marcas fluorescentes en las ságitas o los lapilos correspondió a los tres días que los peces fueron retenidos después de cada uno de los dos períodos de inmersión. Por lo tanto los incrementos diarios fueron validados para *Auxis* spp. de tallas entre 14 y 51 mm TE.

Los resultados de este experimento proporcionan estimaciones de crecimiento y confirmación de incrementos diarios de los otolitos para larvas tardías y juveniles tempranos de *Auxis* spp. en cautiverio con concentraciones especificadas de alimentación. Aunque los resultados indican que ni la supervivencia ni el crecimiento somático son afectados por la inmersión en HTC, es posible que ésta facilite el crecimiento en peso seco.

### ***Estudios de ictioplanctón y oceanográficos***

Durante enero de 1992 se reanudaron los muestreos ictioplanctónicos y oceanográficos, interrumpidos en 1991, frente a la Península de Azuero de Panamá.

El programa del muestreo de ictioplancton está diseñado para obtener información sobre los patrones de día y noche y estacionales en la distribución vertical, edad y crecimiento, condición nutritiva, y hábitos alimenticios de larvas de escómbridos con relación a temperatura, salinidad, oxígeno, intensidad de luz, y organismos de alimento en la columna de agua. El muestreo de ictioplancton durante 1992 fue llevado a cabo en la estación MSB, ubicada a 9.7 mn (18 km) en dirección 150° de Punta Mala (Figura 28). Se intentaron realizar cada mes tres muestreos con red de Tucker, uno de día, uno de noche, y uno en un período consecutivo de día-noche. Se hicieron muestras adicionales como permitieron las condiciones atmosféricas. Se colectaron todas las muestras usando una red de Tucker pequeña con una apertura de 75- x 83-cm y malla de 335 µm. La red de Tucker es un aparato de muestreo de arrastre capaz de ser abierto y cerrado bajo el agua y así capturar larvas en estratos discretos de profundidad. Se hicieron dos arrastres oblicuos replicados en cinco estratos nominales de profundidad: 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, y 60-80 m (0-3, 3-11, 11-22, 22-33, y 33-44 brazas). Se colocó una red más pequeña (12- x 12-cm) con malla más fina de 73 µm dentro de la red de Tucker para capturar simultáneamente organismos microzooplanctónicos. La red de Tucker está también equipada con un aparato para registrar la hora, la temperatura del agua, y la profundidad de la red durante el arrastre. Las muestras de los tres estratos más someros fueron divididas en dos durante el arrastre por un dispositivo montado en la red y conservadas en una solución de etanol al 95% para los estudios de crecimiento y de hábitos alimenticios, y en solución de Bouin para los estudios de la condición nutritiva. No se dividieron las muestras recogidas en los dos estratos más profundos, y se conservaron en una solución de formol al 5%; se hizo lo mismo con las muestras microzooplanctónicas de todos los estratos. Se realizaron lances de CTDO a profundidades de por lo menos 100 m (55 brazas) inmediatamente antes y después de los arrastres. El CTDO es un aparato que mide simultáneamente la conductividad (salinidad), temperatura, profundidad, oxígeno disuelto, y radiación fotosintéticamente disponible (RFD) del agua sobre la profundidad del lance. Se realizaron observaciones de las condiciones meteorológicas, la intensidad de la luz ambiente, la claridad del agua, y el estado del mar en el momento de los arrastres.

En el Laboratorio de Achotines se procesan las muestras de plancton recogidas de los muestreos con la red de Tucker. Se extraen todos los peces de las muestras, y a continuación las larvas de escómbridos son separadas e identificadas al grupo taxonómico más bajo posible. *Auxis* spp. es el grupo taxonómico más abundante en las muestras de ictioplancton, seguido por barrilete negro, sierra, bonito listado mono, y *Thunnus* spp. Durante 1992 se completó la clasificación de las muestras recogidas en 1991, y de algunas de aquellas recogidas en 1992.

Los análisis preliminares de los datos de distribución por profundidad correspondientes a 1990 y 1991 indicaron que las larvas de escómbridos se encontraron principalmente en los 40 m (22 brazas) superiores del agua. Por consiguiente, se modificó el programa del muestreo durante marzo de 1992 para concentrar el esfuerzo en los tres estratos más someros, muestreando los dos

estratos más profundos una vez por trimestre en lugar de por mes. Se inició hacia fines de 1992 un análisis más detallado de los datos a fin de examinar las abundancias relativas de larvas encontradas en los tres estratos más someros durante el día y la noche. Resultados preliminares indican que durante la temporada de sequía (diciembre-abril), *Auxis* spp. solían ocurrir en la columna de agua por la noche.

El estudio del ambiente local de los atunes larvales y juveniles es una parte fundamental del programa de la Comisión en Panamá. Durante las etapas tempranas de vida, escómbridos son sensibles a las condiciones oceánicas, ya que afectan su estado fisiológico, fuentes de alimento, supervivencia, y retención en áreas que favorecen un crecimiento rápido. Los objetivos de los estudios ambientales son describir el ambiente oceánico frente a la Península de Azuero, seguir la variación a largo plazo de variables fundamentales, y determinar las reacciones de los atunes pequeños a los procesos físicos y biológicos particulares de su ambiente. Adicionales a los lances de CTDO realizados durante los muestreos con red de Tucker, se intenta realizar muestreos oceanográficos costeros mensualmente en 14 estaciones a lo largo de 3 transectos que se extienden mar afuera desde Punta Mala, la Bahía de Achotines, y Morro Puercos hasta el isóbato de 2,000 m (1,094 brazas) (Figura 28). Se hacen observaciones a lo largo de cada transecto en las aguas de la plataforma continental, el borde de la plataforma, la vertiente continental, y el abismo. Las observaciones en las estaciones consisten de un lance de CTDO hasta 100 m o hasta casi el fondo, un lance de disco de Secchi, y observaciones de las condiciones meteorológicas. Se toman muestras de agua varias veces durante los muestreos de frascos de Niskin cerca de la superficie y cerca del fondo para el análisis subsecuente de la salinidad y el nivel de oxígeno, a fin de calibrar los datos del CTDO. Debido al mal tiempo y problemas con el *Achotines III*, no se hicieron muestreos costeros durante febrero, agosto, y diciembre de 1992.

Se inició a principios de 1992 el procesamiento y análisis de los datos ambientales recopilados a intervalos casi mensuales durante 128 cruceros realizados en 1989-1991 frente a la Península de Azuero. Al procesar los datos se excluyen registros ajenos en los lances y datos fuera de los rangos de valores esperados, y se ajustan los datos de los lances de CTDO usando valores de los lances de frascos de Niskin, calibraciones costeras, y calibraciones anuales del CTDO. Al fin del año se habían procesado los datos de aproximadamente dos tercios de los 554 lances de CTDO realizados durante 1989-1991.

El Sr. Kevin Bentler de la CIAT participó en un crucero de investigación a bordo del barco *McArthur*, de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos, durante octubre de 1992. El crucero formó parte de un estudio, realizado por el National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos, de los mamíferos marinos del Océano Pacífico oriental. Como proyecto adicional de investigación, se tomaron muestras de atunes larvales y microzooplancton, usando una red de Tucker de 1 x 1.4 m con una red con malla de 335 µm. El muestreo a bordo del *McArthur* fue diseñado para capturar atunes larvales en aguas del Golfo de Panamá más lejos de la costa que aquellas cerca del Laboratorio de Achotines en las cuales se realiza el muestreo rutinario de ictioplancton. Se realizó el muestreo a bordo el *McArthur* de noche, desde aproximadamente una hora después de la puesta del sol hasta medianoche. Se tomaron muestras de atunes larvales en la capa de mezcla (aproximadamente los 40 m (22 brazas) superiores de la columna de agua). Se hicieron ocho arrastres oblicuos, cuatro en el estrato de profundidad de 0-20 m, y cuatro en el estrato de 20-40 m. Se dividieron las muestras tomadas en el estrato superior con un separador montado dentro de la red; se conservó la mitad del plancton en una solución de etanol al 95% para la determinación de la edad y los análisis de los hábitos alimenticios, y la otra mitad en fijador de Bouin para los análisis nutritivos de las larvas escómbridas. La red de Tucker fue dotada con un registrador de datos de tiempo-temper-

atura-presión, para medir las profundidades de muestreo. Se insertó una red de malla fina (73 µm) en la red de Tucker para muestrear las pequeñas presas zooplanctónicas potenciales de los atunes larvales. Se realizó el muestreo con la red de Tucker en 23 ocasiones. Cada noche, antes del muestreo con la red de Tucker, miembros del personal de la NOAA tomaron muestras de peces postlarvales y juveniles tempranos con luz submarina. En cuatros noches, pequeñas cantidades de escómbridos juveniles tempranos fueron colectadas y fijadas en una solución de etanol al 95%. En 1993 se clasificarán las muestras de ictioplancton y microzooplancton. Se analizarán los atunes larvales para estimar sus tasas de crecimiento, hábitos alimenticios, y condición nutritiva.

Se asignarán edades a los escómbridos juveniles tempranos capturados con luz submarina, y se determinarán sus tasas de crecimiento diario. Se compararán los parámetros biológicos para atunes larvales y juveniles en aguas de altura con aquellos colectados rutinariamente en muestreos en aguas costeras cerca del Laboratorio de Achotines.

A fin de facilitar estas comparaciones, el *Achotines III* colaboró con el *McArthur* en las aguas frente a la parte sur de la Península de Azuero para comparar el desempeño de los distintos tamaños de red de Tucker usados a bordo de los dos barcos. La apertura de la red usada a bordo del *Achotines III* era 75 x 83 cm, y la de aquella del *McArthur* 1 x 1.4 m. Se colectaron muestras de plancton simultáneamente desde las mismas profundidades mientras los dos barcos navegaban en paralelo durante la madrugada del 21 de octubre de 1992, a unas 10 mn (19 km) al sur de Morro Puerco. Este muestreo simultáneo facilitará comparaciones entre los datos de ictioplancton y de CTDO tomados a bordo del *McArthur* en el Golfo de Panamá y aquellos tomados rutinariamente a bordo el *Achotines III* en Punta Mala. Tras solamente dos arrastres simultáneos exitosos, el mar agitado y problemas con el equipo forzaron la terminación de las operaciones.

#### ***Estudios larvales conjuntos Japón-CIAT***

Durante septiembre y octubre de 1992 el Dr. Daniel Margulies y la Srta. Jeanne Wexler participaron en un programa de investigación y capacitación en Japón. Estuvieron basados en la Estación Yaeyama de la Japan Sea Farming Association (JASFA) en la Isla Ishigaki, donde participaron con el personal de la JASFA en estudios del cultivo y desarrollo de huevos y larvas de aleta amarilla. Se completaron varios experimentos de laboratorio que abarcaron la investigación de las tasas de desarrollo de huevos y larvas de aleta amarilla y la condición nutritiva y edad a la formación del primer incremento en el otolito para larvas cultivadas bajo diversas condiciones de temperatura y alimentación. Adicionalmente, se completó un experimento para analizar la selectividad de alimento de larvas de aleta amarilla que se alimentaban de una mezcla de presas zooplanctónicas cultivadas y silvestres. Se tomaron muestras conservadas de los experimentos de laboratorio, y estas muestras serán analizadas en 1993 para examinar el crecimiento, condición nutritiva, y selectividad de alimento de larvas de aleta amarilla.

#### ***Programa de mágiles reproductores***

Durante 1992 se continuaron los esfuerzos por inducir el desove en un stock de mágiles blancos, *Mugil curema*, en cautiverio en el Laboratorio de Achotines. Se están criando los mágiles para producir larvas para alimentar a los atunes juveniles en el laboratorio. Varias docenas de mágiles hembras, de más de 270 mm de talla, fueron capturadas con jábegas de playa y redes de enmalle en aguas locales y trasladadas a un tanque de laboratorio de 4.6 m de diámetro. Su dieta consiste de alimento en pelotillas, y su crecimiento y supervivencia han sido excelentes. Hacia fines del año su régimen fotoperiódico fue alterado, y en 1993 se implantarán pelotillas de hormonas en los peces para estimular el desarrollo de ovocitos.

### ***Dinoflagelados tóxicos cerca de la Península de Azuero***

Durante noviembre y diciembre de 1989 ocurrió una mortalidad muy elevada de las larvas tardías de barrilete negro mantenidas en acuarios en el Laboratorio de Achotines para un experimento. Se sospechó que dicha mortalidad estaba asociada con la alimentación de las larvas con zooplancton capturado en el mar. Muestras del zooplancton fueron conservadas, analizadas para biotoxinas, y examinadas para investigar la presencia de dinoflagelados tóxicos. Una serie de bioensayos y análisis de cromatografía de líquidos señalaron la presencia de saxitoxina, una toxina asociada con PSP (*paralytic shellfish poisoning*, o envenenamiento paralítico transmitido por crustáceos) y mortalidad de los peces a gran escala. La saxitoxina es producida por unas especies de dinoflagelado, y puede acumularse en organismos zooplanctónicos. Se encontró el dinoflagelado tóxico *Pyrodinium bahamense* var. *compressa* en las entrañas de los copépodos en las muestras de zooplancton y en las aguas circundantes. Se sabe que esta especie contiene saxitoxina y es la causa del PSP.

En 1992, muestras de zooplancton tomadas entre el 28 de septiembre de 1990 y el 25 de septiembre de 1991 en las estaciones ASH1, ASB, y PAB (Figura 28) fueron examinadas por el Dr. Carmelo Tomás del Florida Marine Research Institute en St. Petersburg, Florida (EE.UU) para investigar la presencia de especies adicionales de fitoplancton tóxico. Sus hallazgos preliminares señalan la presencia de dos especies tóxicas adicionales en estas muestras y en aquellas tomadas en 1989. Dos especies de dinoflagelado que se forman en cadenas, *Cochlodinium heterolobatum* y *Gymnodinium catenatum*, fueron identificadas de las muestras tomadas durante la temporada de lluvias en cada uno de los tres años. *Gymnodinium catenatum*, al igual que *Pyrodinium bahamense* var. *compressa*, produce saxitoxina y puede causar PSP cuando los crustáceos que se alimentan de estos organismos fitoplanctónicos son comidos por seres humanos. En contraste, *Cochlodinium heterolobatum* no está asociado con PSP, pero está implicado en la mortalidad de peces y es posible que contenga ictiotoxinas hemolíticas. Una muestra de agua, tomada durante un florecimiento de marea roja en marzo de 1991, durante la temporada de sequía, contenía una población densa de un ciliado protozoario no tóxico, *Mesodinium rubrum*. Ninguna de las especies tóxicas en las muestras tomadas durante la temporada de lluvias fueron encontradas en la muestra tomada en marzo.

Actualmente se ignora el efecto de las especies tóxicas de fitoplancton sobre escómbridos larvales y juveniles. Miembros del personal de la CIAT están tomando muestras de zooplancton y fitoplancton rutinariamente en el Laboratorio de Achotines en las áreas donde se toman muestras de escómbridos juveniles y larvales tardíos. El Dr. Tomas procesará las muestras a fin de determinar el patrón estacional de la ocurrencia de especies de fitoplancton tóxicas y no tóxicas.

### ***Estudios del recurso de pargo***

Miembros del personal de la CIAT en el Laboratorio de Achotines y el Sr. Amado Cano de la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) panameña están llevando a cabo estudios de algunas de las especies de peces costeros de importancia comercial en la Provincia de Los Santos de la República de Panamá. El objetivo de este proyecto es obtener datos fundamentales sobre la biología y capturas potenciales de estas especies. La industrialización reciente, principalmente relacionada con el perfeccionamiento del procesamiento y exportación de las capturas, y el posible ingreso de embarcaciones de mayor tamaño a la pesquería, hacen que sea deseable contar con estimaciones del rendimiento potencial. En 1986 se inició un programa de muestreo para estudiar y evaluar los recursos de pargo (familia Lutjanidae) y otras especies costeras. Biólogos de la DGRM toman datos rutinariamente sobre la captura, el esfuerzo, la talla, y el peso. Estos

datos básicos proporcionarán información sobre la composición por especie, composición por talla, factores de condición, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por varias configuraciones de las artes de pesca, y las variaciones estacionales de todos éstos. La especie principalmente capturada es *Lutjanus peru*, pero cantidades menores de *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. jordanii*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, y *Hoplopagrus güntheri* también son capturadas. Las tres primeras especies forman más del 90% de la captura en la Provincia de Los Santos.

En 1992 se continuaron preparativos para iniciar un programa de marcado de los pargos capturados con mayor frecuencia en la pesquería. *Lutjanus peru* capturados con cabo y anzuelo y trasladados a cuatro depósitos de 3.7 m de diámetro en el Laboratorio de Achotines en 1991 fueron usados para comprobar distintos tipos de anestéticos y niveles de dosis a fin de facilitar el manejo de peces vivos. Benzocaína al nivel de 40 mg/L dio mejores resultados que metanosulfonato de tricaina (MS-222) al nivel de 55 mg/L.

Se llevaron a cabo experimentos adicionales en septiembre de 1992 para establecer si marcas implantadas visibles (IV) serían retenidas por un período moderado de tiempo (3 semanas) en dos lugares en el cuerpo, para determinar cuánto tiempo se necesita para marcar los peces, y si infecciones u otras enfermedades ocurrirían en los peces marcados. Ocho especímenes fueron marcados con marcas IV en dos lugares del cuerpo, el istmo y la base de la aleta pectoral. Se marcó otro pez en el istmo solamente. Al cabo de 40 días, la tasa general de pérdida de marcas fue un 5.9%. Una de las ocho marcas cerca de la aleta pectoral y ninguna de las nueve en el istmo fueron perdidas. Por lo tanto, parece que cualquiera de los dos lugares es apropiado para usar en un experimento a gran escala de pérdida de marcas con marcas IV.

A fines de octubre se inició un experimento a gran escala de pérdida de marcas. Se marcaron cuarenta pargos cautivos, de entre 218 y 420 mm de talla, con marcas IV en los dos lugares previamente probados, el istmo y la base de la aleta pectoral. Los peces fueron medidos y pesados, y 10 fueron colocados en cada uno de cuatro estanques de 3.7 m de diámetro en el Laboratorio de Achotines. Cada mes durante los 6 meses del experimento los peces serán medidos, pesados, y examinados para determinar la retención de las marcas.

### ***Oceanografía y ecología de los atunes***

A veces un evento de El Niño empezará a mediados del año, se desarrollará con rapidez, y dentro de 4 a 6 meses llegará a ser un evento de agua cálida con efectos severos y prolongados sobre el ambiente oceánico del Pacífico oriental tropical (POT) y sus pesquerías. Los eventos de El Niño de 1930-1931, 1956-1957, y 1982-1983 son ejemplos de esto. Con mayor frecuencia, un Niño empieza a mediados del año, se desarrolla lentamente, y alcanza una intensidad moderada hacia fines del verano austral (enero-febrero). Esto ocurrió en el POT durante 1986-1987 y de nuevo vez durante 1991 y el primer trimestre de 1992.

Durante el cuarto trimestre de 1991, las temperaturas de la superficie del mar (TSM) fueron más de 1°C superiores al nivel normal en casi toda la región ecuatorial del OPO, y a lo largo de la línea ecuatorial aparecieron varias áreas con TSM más de 2°C superiores a lo normal (Informe Anual de la CIAT de 1991: Figura 38). Durante el mismo período el Niño estaba ejerciendo un efecto marcado sobre las aguas frente a la costa occidental de Sudamérica, donde las TSM estaban de 2° a 3°C por encima del nivel normal desde Ecuador hasta el norte de Chile. Esto representaba una intensificación de las condiciones de El Niño, después de una disminución aparente en la velocidad de la tendencia de calentamiento durante el tercer trimestre de 1991. Según el ejemplar de diciembre de 1991 del *Climate Diagnostics Bulletin* publicado por el Centro de Análisis Climatológico del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos, el



Índice de Oscilación del Sur (IOS), una medida de la fuerza de los vientos tropicales de oriente, se redujo de -1.5 en octubre a -2.3 en diciembre de 1991. Este valor negativo bastante grande del IOS indicaba que los vientos de superficie a lo largo de la línea ecuatorial y en el hemisferio sur tropical fueron marcadamente más débiles que lo normal. Durante el mismo período el nivel del mar ascendió en promedio 10 cm cerca de las Islas Galápagos y en los litorales de Ecuador y Perú. Adicionalmente, la profundidad de la termoclina fue 50 m (27 brazas) mayor a lo normal al fin del trimestre. (En este informe "termoclina" se refiere a la profundidad de la isoterma de 20°C, que se encuentra en el tercio superior de la termoclina entre 5°N y 5°S al este de 110°W.) Sin embargo, este Niño tuvo aparentemente poco efecto sobre la pesca del atún en el Océano Pacífico oriental al norte de 5°N, donde las TSM fueron casi normales durante 1991.

A partir de análisis de los datos de las TSM en el primer trimestre de 1992 realizados por investigadores de la CIAT e información en los *Climate Diagnostics Bulletin* de enero y febrero de 1992, es aparente que este Niño alcanzó una intensidad moderada entre diciembre de 1991 y febrero de 1992. Las condiciones oceánicas en el POT eran características de aquellas del Niño de 1986-1987, que alcanzó una intensidad moderada durante el primer trimestre de 1987. Las TSM aumentaron a un paso atípicamente rápido para la temporada en gran parte del POT al sur de 10°N. Varias áreas a lo largo de la línea ecuatorial y al norte hasta 5°N presentaron TSM más de 2°C por encima del nivel normal. Las mayores anomalías positivas de las TSM se desarrollaron a lo largo de la costa de Perú, donde varias estaciones entre Talara y Callao registraron TSM de 2° a 4°C superiores a lo normal durante el primer trimestre de 1992 (Figura 30). El IOS medio fue -2.3 durante el primer trimestre, indicando que prevalecían vientos de superficie y corrientes oceánicas superficiales más débiles que lo normal (Figura 30). Las mediciones del nivel del mar cerca de las Islas Galápagos y en estaciones costeras desde Buenaventura, Colombia, a Callao, Perú, aumentaron de 17 cm por encima del nivel normal a principios del primer trimestre de 1992 a 21 cm por encima del nivel normal en febrero de 1992 (Figura 30). Adicionalmente, en gran parte del Océano Pacífico oriental entre la línea ecuatorial y 20°N ocurrieron niveles del mar por lo menos 15 cm superiores a lo normal antes del fin de febrero de 1992. La termoclina estuvo entre 60 y 65 m (33 y 36 brazas) por debajo de su profundidad normal de 20 m (11 brazas) a lo largo del trimestre en la región ecuatorial al este de 110°W y también frente a las costas de Ecuador y el norte de Perú.

Durante el segundo trimestre de 1992, los análisis de datos de TSM realizados por investigadores de la CIAT e información en los *Climate Diagnostics Bulletin* de abril y mayo revelaron que las condiciones oceánicas permanecían similares a las del primer trimestre del año, en el sentido de que la intensidad del Niño permanecía de moderada a fuerte en el POT. En la Figura 31 se ilustran las áreas del POT en las que las TSM fueron más de 2°C superiores a lo normal durante abril de 1992. Este mapa es representativo de las anomalías de las TSM durante el segundo trimestre. Las características más significativas son áreas grandes con TSM de más de 2°C sobre lo normal entre 5°N y 5°S al este de 110°W y frente a la costa de Sudamérica desde la línea ecuatorial hasta 20°S. La gran área con TSM de más de 2°C sobre lo normal frente a Baja California resultó principalmente del calentamiento estacional de la superficie del mar durante períodos frecuentes de vientos superficiales débiles que habían prevalecido entre el sur de Baja California y el norte de California desde el cuarto trimestre de 1991. Al fin del segundo trimestre había una indicación de que el Niño estaba debilitándose en el Pacífico central tropical, y el IOS empezó a volver a su nivel normal. En el POT las anomalías positivas de las TSM estaban disminuyendo, la termoclina estaba subiendo lentamente, y el nivel del mar había bajado hasta 2 cm por debajo de lo normal.

Durante el tercer trimestre de 1992, las anomalías negativas de las TSM que se desarrollaron a fines del segundo trimestre a lo largo de la línea ecuatorial entre 140°W y 160°W se estaban extendiendo en dirección este, norte, y sur. Ocurrió también un enfriamiento rápido en aguas de altura y en estaciones costeras de Ecuador al centro de Perú. La Figura 30 ilustra la disminución bastante rápida de las TSM y los niveles del mar en estaciones costeras y el regreso hacia un IOS normal al fin del segundo trimestre. La tendencia de enfriamiento durante el tercer trimestre fue debido en parte a una intensificación del sistema de alta presión del Pacífico sur y sus vientos de superficie asociados frente a la costa de Perú. Además, en el POT estos vientos empujaron las aguas superficiales hacia el oeste, es decir, dieron fuerza a la Corriente Ecuatorial del Sur que normalmente prevalece en el POT al sur de 10°N durante este período. Estos efectos sobre la superficie del océano contribuyeron a un descenso del nivel del mar y un aumento del afloramiento de agua subsuperficial más fría a lo largo de la línea ecuatorial en el Pacífico oriental. La circulación más fuerte fue reflejada también en la tendencia positiva del IOS (Figura 30), que estaba empezando a volver a lo normal durante este trimestre. A medida que la termoclina subía a su profundidad normal durante el trimestre, las condiciones para la pesca atunera empezaron a mejorar en la región costera desde el norte de Perú hasta Colombia. Existía en este momento la posibilidad de que volverían de nuevo condiciones de El Niño en el verano austral de 1992-1993, pero esto parecía improbable a raíz de la rápida normalización de las circulaciones oceánica y atmosférica sobre el Pacífico oriental durante el tercer trimestre. Adicionalmente, la mayoría de los episodios anteriores de El Niño de intensidad moderada han durado un año o menos, lo cual apoyaba la hipótesis de que El Niño probablemente no volvería en el futuro cercano.

Durante el cuarto trimestre se incrementaron los valores negativos del IOS, señalando que la circulación de los vientos superficiales se había debilitado en el Pacífico tropical oriental y central. A pesar de los vientos más débiles, las TSM permanecieron casi normales en gran parte del POT, pero no en el Pacífico ecuatorial central ni en un área grande al oeste de Perú, donde persistieron TSM más de 1°C superiores a lo normal. En la Figura 32 se ilustran condiciones típicas del cuarto trimestre. Las áreas con TSM más de 1°C sobre lo normal continuaron disminuyendo durante el trimestre. El área frente a Baja California con TSM superiores a lo normal había persistido durante gran parte del año, pero tormentas invernales avanzando hacia el sur a lo largo de Baja California durante diciembre de 1992 redujeron notablemente las anomalías positivas, que alcanzaron los 3°C sobre lo normal durante el segundo trimestre (Figuras 31 y 32). En los Informes Trimestrales de la CIAT de 1992 se ilustran las anomalías de las TSM para otros meses. Aunque persistieron algunas áreas grandes con anomalías positivas, las áreas crecientes con anomalías negativas a lo largo de la línea ecuatorial y en las áreas costeras de Ecuador y Perú (Figura 30) fueron indicios significativos de un evento de El Niño debilitado. Datos en los ejemplares de octubre, noviembre, y diciembre de 1992 del *Climate Diagnostics Bulletin* señalaron que la termoclina continuó su ascenso hacia la superficie en el POT, y que en el Pacífico occidental alcanzó profundidades mayores durante el cuarto trimestre. Además, el nivel del mar permaneció inferior a lo normal a lo largo de la costa entre Colombia y la parte sur de Perú (Figura 30). Por lo tanto, a partir de todos los indicios ambientales disponibles, parece probable que las condiciones de El Niño desaparezcan del OPO antes del fin del primer trimestre de 1993. Es probable que a mediados de 1993 se desarrollen condiciones de "anti-El Niño," y que el afloramiento ecuatorial y costero se intensifique, tal como ocurrió durante 1988 después del Niño de 1986-1987.

Se clasifica el Niño de 1991-1992 como moderado a raíz de su duración y extensión limitada y las anomalías relativamente pequeñas de las TSM. Este Niño no se extendió al norte y al

sur mucho más allá de la región ecuatorial (5°N a 5°S) del Océano Pacífico oriental y la región costera de Ecuador y Perú excepto durante la primera mitad del segundo trimestre de 1992, cuando las TSM alcanzaron niveles 2°C superiores a lo normal durante un período breve frente a la costa de Centroamérica. Un resultado de este Niño fue el éxito reducido de la pesca atunera en las aguas costeras de Ecuador, el norte de Perú, y el sur de Colombia. Este período de pesca lenta comenzó frente al Ecuador durante el cuarto trimestre de 1991, cuando las TSM empezaron a ascender a velocidad anormalmente elevada en la región costera. La pesca permaneció lenta frente al Ecuador durante gran parte de los dos primeros trimestres de 1992 y a principios del tercero, en el cual las TSM comenzaron a volver a su nivel normal. En contraste, el éxito de la pesca en el Pacífico occidental y oriental al norte de 5°N fue normal durante este período.

## INVESTIGACIONES ATUN-DELFIN

Las responsabilidades de la Comisión incluyen la investigación de los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental (OPO), descritos en la página 197 de este informe. Las tres especies de delfines capturadas incidentalmente con mayor frecuencia por barcos atuneros en el OPO son los delfines manchado, *Stenella attenuata*, tornillo, *S. longirostris*, y común, *Delphinus delphis*. En la Figura 33 se presentan las distribuciones espaciales de los varios stocks de estas tres especies.

### *Toma de datos*

En 1992 observadores del Programa Atún-Delfín de la CIAT zarparon en 279 viajes de pesca en el OPO a bordo de cerqueros de la clase 6 (capacidad >400 toneladas cortas) con banderas de Colombia, Ecuador, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. En el año fueron observados 309 viajes, 30 de ellos iniciados en 1991 y completados a principios de 1992.

El diseño de muestreo para 1992 contemplaba una cobertura al 100% de los barcos que pescan atunes asociados con delfines en el OPO. Observadores del programa nacional mexicano cubrirían dos tercios de los viajes de la flota mexicana, y observadores de la CIAT muestrearían los viajes restantes. En el caso de la flota estadounidense, observadores nacionales muestrearían una mitad de los viajes, y observadores de la CIAT la otra mitad. Todos los viajes de barcos de las otras flotas serían cubiertos por observadores de la CIAT.

Los programas mexicanos y de la CIAT combinados muestrearon el 98% de los viajes de barcos de la flota mexicana. Los únicos viajes no cubiertos fueron 4 viajes que comenzaron en 1991 y terminaron en 1992. No se llevaron observadores en estos viajes puesto que la CIAT no proyectó cubrirlos en 1991, y el programa de México no comenzó hasta 1992.

Los programas de los EE.UU. y la CIAT muestrearon un 86% de los viajes de barcos estadounidenses. Solamente un barco estadounidense no llevó observador, debido a que carecía de un permiso oficial para pescar atunes asociados con delfines y por lo tanto no necesitaba llevar observador en ninguno de sus viajes.

La cobertura de las flotas de Ecuador, Panamá, y Venezuela por el programa de la CIAT fue al nivel de 100% en 1992. Dicho programa muestreó el 80% de los viajes de barcos colombianos y el 98% de aquellos viajes de barcos de Vanuatu; la falta de cobertura completa se debió a barcos que no llevaron observadores en viajes que comenzaron hacia fines de 1991 y terminaron en 1992. Un barco chipriota y un barco español realizaron dos viajes cada uno sin observador en el Pacífico oriental. El barco chipriota pescó bajo jurisdicción ecuatoriana después de los dos viajes realizados sin observador.

En la Tabla 16 se resume la cobertura de muestreo de barcos cerqueros de la Clase 6 de la flota internacional por el programa internacional de la CIAT y los programas nacionales de México y los Estados Unidos. El programa de la CIAT muestreó más del 65% de los viajes, y los tres programas juntos muestrearon más de 96% de los viajes. Ambos porcentajes son los máximos alcanzados en los 14 años en los cuales la CIAT ha participado en este programa.

Una porción de los fondos para el programa de observadores fue contribuida por la Associazione Nazionale Conservieri Ittici e delle Tonnare (ANCIT) de Italia.

### ***Estudios de la fauna asociada con atunes***

Cuando el esfuerzo de pesca se concentra en cardúmenes de atunes asociados con objetos flotantes y no asociados, los aletas amarillas capturados son mucho más pequeños que aquellos capturados en asociación con delfines. En otra sección de este informe se comenta el efecto predicho de cambiar el esfuerzo de pesca de peces asociados con delfines a peces asociados con objetos flotantes y no asociados sobre el rendimiento por recluta del aleta amarilla. Adicionalmente, un tal cambio afectaría otras especies asociadas con objetos flotantes y cardúmenes no asociados. Desafortunadamente, con excepción de datos recopilados por observadores bajo la supervisión del personal de la CIAT sobre fauna asociada con objetos flotantes, (Informe Anual de la CIAT de 1990: 210-212), existe poca información sobre la fauna asociada con atunes. A fin de llenar este vacío, se cambiaron y se mejoraron los formularios usados para registrar los datos sobre fauna asociada con objetos flotantes, y los observadores han comenzado la recopilación de datos para estos estudios.

### ***Certificados de pesca "sin delfines"***

En 1990 la CIAT comenzó a proveer certificados de pesca "sin delfines" a aquellos barcos que llevaron un observador de la CIAT cuyos datos constarían que no se realizaron lances intencionales sobre atunes asociados con delfines. Se emiten estos certificados solamente a pedido del operador del barco. En 1992 la CIAT emitió 88 de estos certificados a barcos de Colombia, Ecuador, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.

### ***Constancias de participación***

Durante 1992 se solicitó a la CIAT emitir "Constancias de Participación" para 113 viajes de pesca realizados por barcos bajo las jurisdicciones de Colombia, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. Este documento certifica que el barco ha participado en el programa internacional de observadores al nivel de cobertura acordado por el gobierno del país de registro y la CIAT, y puede también constar que el barco está dotado de todo el equipo de protección de delfines recomendado por la CIAT y que técnicos de la CIAT han verificado el alineamiento correcto y condición del paño de protección de delfines en la red durante un lance de prueba.

### ***Capacitación***

Durante 1992 se impartieron cinco cursos de capacitación de observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros (Tabla 17). Los asistentes fueron instruidos en la identificación de atunes, mamíferos marinos, tortugas, y aves marinas, los requerimientos y procedimientos para la toma de datos, la estimación del tamaño de las manadas de mamíferos marinos, el equipo y las faenas de pesca, y el protocolo y seguridad a bordo el barco.

El curso en Long Beach y La Jolla (EE.UU.) fue impartido en cooperación con el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos. Se llevó a cabo el curso en Colombia a

petición del gobierno colombiano, con el auspicio de éste y la Asociación Nacional de Industriales de Colombia. La coordinación del curso estuvo a cargo del Sr. Fernando Pereira, asesor al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura de Colombia.

### ***Programa de artes de pesca***

Se recibió de la ANCIT un aporte generoso para el programa del artes de pesca.

#### ***Servicios***

Durante 1992 el personal del programa de artes de pesca participó en alineaciones del paño de protección de delfines (PPD) y revisiones del equipo de protección de delfines en 26 barcos, 25 registrados en México y 1 en Vanuatu. Un PPD normal consiste de dos paños de malla de 1 1/4 pulgadas (3.2 cm), fabricada de cordel de nylon de 24 hilos, que sustituyen parte de la malla de 4 1/4 pulgadas (10.8 cm) adyacente a la línea de corchos; la probabilidad de que los delfines enreden el hocico en esta malla fina al ser liberados de la red es mucho menor. Para verificar la alineación del PPD, se realiza un lance de prueba, durante el cual un técnico de la CIAT observa el desempeño de la red durante el retroceso desde una balsa inflable. Transmite sus observaciones, comentarios, y sugerencias al capitán del barco por radio, y se procura resolver cualquier problema que surja. Posteriormente, se prepara un informe para el armador o administrador del barco, en el cual se resumen los comentarios del técnico de la CIAT y, en caso necesario, las recomendaciones para mejorar el equipo de protección de delfines del barco y/o la forma de usarlo.

La CIAT ofrece además otros servicios para ayudar a barcos individuales y flotas a reducir la mortalidad de delfines. En las oficinas regionales de la CIAT se pueden obtener publicaciones y cintas video sobre el tema. A petición, y siempre que se disponga de las autorizaciones necesarias, se preparan *Análisis de crucero*, informes detallados sobre viajes de pesca observados, que se envían a los armadores para permitirles evaluar el desempeño de barcos y capitanes.

#### ***Seminarios***

En 1992 se celebraron once seminarios sobre la reducción de la mortalidad de delfines (Tabla 18). Dichos seminarios están ideados no solamente para los capitanes de los barcos, encargados de las faenas de pesca, sino también para los otros tripulantes y para el personal administrativo responsable del equipo y mantenimiento del barco. Se presenta un certificado de participación a todos los pescadores y otros que asisten a los seminarios.

#### ***Proyecto de balsas para agregar peces***

En julio de 1991 la CIAT puso a la deriva 30 balsas para agregar peces (conocidas por la sigla FAD, de *Fish-Aggregating Device*) como parte de un proyecto realizado conjuntamente con el NMFS, con fondos de la empresa Bumble Bee Seafoods, Inc. (Informe Anual de la CIAT de 1991: 208-210). De las 10 balsas rastreadas por satélite originalmente puestas a la deriva, 9 seguían transmitiendo su posición a principios de 1992. Una de éstas cesó de transmitir en febrero, y dos más cesaron de transmitir en septiembre.

Durante el año entero no se ha reportado ningún lance sobre, o avistamiento de, las balsas rastreadas por satélite o las balsas equipadas con radioboya. Si las balsas con radioboya derivaron de forma similar a aquellas rastreadas por satélite, la causa más probable de la ausencia de encuentros de las balsas por barcos es la deriva continua de las balsas hacia el oeste, afuera del área de la pesquería cerquera atunera del OPO. Las 8 balsas restantes con transmisor de satélite estaban el oeste de 140°W en mayo y al oeste de 150°W en julio. Dos balsas rastreadas por satélite cruzaron 180°W, una en abril y la otra en mayo.

A fin de reducir en el futuro los gastos de servicio de satélite, se decidió en septiembre cambiar las siete balsas restantes con transmisor a satélite a un servicio de satélite menos costoso. Con este servicio la CIAT y el NMFS no disponían de información sobre la posición de las balsas.

En la Figura 34 se presentan los patrones de deriva de las 10 balsas rastreadas por satélite.

### ***Estimaciones de la mortalidad de delfines causada por la pesca***

Se presentan en la Tabla 19 estimaciones de la mortalidad incidental de delfines en 1992. Representan una reducción de 43 ó 44%—dependiendo en el tipo de estimador usado—en la mortalidad incidental total con respecto a 1991. El número de lances sobre aletas amarillas asociados con delfines aumentó en un 7%, mientras que la mortalidad por lance media disminuyó en un 47% con respecto a las estimaciones de 1991.

Durante los últimos siete años (1986-1992), la mortalidad incidental estimada causada por la pesca para todas las especies de delfines combinadas ha disminuido en más de un 85%, de más de 133 mil delfines en 1986 a menos de 16 mil en 1992. El esfuerzo de pesca estimado dirigido hacia atunes asociados con delfines fue casi igual durante este período (Figura 35, recuadro superior), pero la mortalidad por lance disminuyó de más de 12 delfines a menos de 2 (Figura 35, recuadro central). La reducción en la mortalidad incidental total (Figura 35, recuadro inferior) es debida por lo tanto casi completamente a una reducción en la mortalidad por lance, y no a una reducción en el esfuerzo de pesca. Varios factores, muchos de ellos bajo el control de capitanes y tripulantes de barcos, afectan las mortalidades de delfines que ocurren durante un lance. Por lo tanto, se puede atribuir la reducción en la mortalidad por lance media a la adopción universal por la flota de artes y técnicas que protegen a los delfines y a las mejoras continuas en el desempeño de los capitanes y tripulantes. La distribución de la mortalidad por lance durante los últimos siete años (Figura 36) señala una reducción en los lances con todos niveles de mortalidad, pero en particular en aquellos con mortalidades de 20 delfines o más. Es también evidente en esa figura un aumento concomitante en la ocurrencia de lances con mortalidad nula, de aproximadamente 43% en 1986 a aproximadamente 77% en 1992. El número medio de delfines que permanecen en la red después del retroceso ha disminuido de 5.9 en 1986 a 1.5 en 1992 (Figura 37), sugiriendo una aplicación más eficaz de los procedimientos de rescate. Consistente con estas tendencias, los porcentajes de lances observados con abultamientos o colapsos de la red (dos factores que se cree contribuyen a la mortalidad elevada de delfines) demuestran reducciones desde 1990 (Figura 38).

### ***Estimación de la abundancia relativa de delfines***

A fin de estudiar los efectos posibles de la mortalidad incidental sobre el tamaño de los stocks de delfines, se calculan estimaciones de la abundancia de los mismos, generalmente mediante la aplicación de metodología de transectos lineales a datos tomados en barcos atuneros, barcos de investigación, o ambos. En años recientes, el NMFS ha realizado una serie de cruceros en barcos de investigación con el propósito de estimar las tendencias en la abundancia de los stocks principales de delfines. Investigadores de la CIAT han analizado datos reunidos por observadores a bordo de barcos cerqueros atuneros. Estos datos brindan una base de datos amplia sin costo adicional, con cobertura regular de una porción sustancial del área ocupada por los stocks de delfines. Sin embargo, debido al carácter de las operaciones de pesca, los supuestos necesarios para que el muestreo con transectos lineales produzca estimaciones insesgadas de la abundancia absoluta se ven frecuentemente violadas. Se desarrollaron por lo tanto procedimientos para

obtener estimaciones con el menor grado de sensibilidad posible a estas violaciones (ver Informe Anual de la CIAT de 1987: 178-180). Sin embargo, ya que es poco probable que estos procedimientos eliminen todos los sesgos, se debe considerar a las estimaciones como estimaciones de la abundancia relativa y no absoluta de los stocks.

Se obtiene la estimación de la abundancia relativa de un stock dado de estimaciones de la tasa de encuentro de manadas, del tamaño medio de las manadas, y del área de distribución del stock en cuestión, y de un factor de ajuste (derivado de un modelo ajustado a los datos de avistamientos) que toma en cuenta las manadas que no son detectadas. A fin de reducir los sesgos, se aplican estratificaciones geográficas separadas para la estimación de cada uno de los componentes del estimador. Se usa un procedimiento no paramétrico (de *bootstrap*) para estimar las varianzas, usando datos de viajes de pesca individuales como unidad de remuestreo.

Las tendencias subyacentes en la abundancia son estimadas mediante la suavización de la serie de estimaciones. Esta suavización reduce el efecto de las estimaciones extremas (valores atípicos) sobre la estimación de las tendencias, y mejora la precisión general al incorporar más información en la estimación del índice de cada año. Ya que es poco probable que el número de delfines varíe mucho en años sucesivos, estimaciones suavizadas que combinan información de años vecinos son un indicador mejor de cambios, y los intervalos de confianza resultantes son más precisos.

Se computan los intervalos de confianza suavizados mediante la combinación de procedimientos de suavización y de *bootstrap*. Tras obtener una estimación de *bootstrap* para un stock dado para cada año, se suavizan las estimaciones a través de años. Se repite este procedimiento 79 veces, y para cada año las seis estimaciones suavizadas más pequeñas y las seis más grandes producen límites de confianza de 85% aproximados. Se usa la secuencia de medianas de las estimaciones de *bootstrap* suavizadas como la "mejor" estimación de la tendencia. El procedimiento de suavización no produce un buen resultado en el primer y último punto de la serie, y por lo tanto no se presentan estimaciones suavizadas para el primer y último año de la serie para cada stock. Recientemente el personal de la CIAT ha completado evaluaciones del método de suavización que indican que en la mayoría de los casos detecta tendencias mejor que los métodos tradicionales basados en análisis de regresiones lineales.

En noviembre de 1991, en una reunión de expertos convocada por el NMFS para revisar la condición de los stocks de delfines en el OPO, se presentó evidencia de estudios genéticos que sugirió que se debería modificar la estructura de los stocks de altamar del delfín manchado. El panel recomendó nuevos límites, dividiendo los stocks de altamar en un stock nordeste y uno occidental y sureño. El personal de la CIAT ha adoptado estas recomendaciones, y se han calculado estimaciones de las tendencias desde 1975 para los stocks nuevamente definidos.

En la Tabla 20 se detallan el número de millas náuticas de esfuerzo de búsqueda por barcos atuneros con observadores a bordo y el número de observaciones realizadas durante esos períodos de búsqueda en 1992. En la Tabla 21 se presentan los índices de abundancia relativa de 1992. En las Figuras 39-46 se ilustran las estimaciones de las tendencias subyacentes para cada uno de los stocks principales asociados con atunes en el OPO.

### ***Delfín manchado de altamar***

La abundancia del stock nordeste disminuyó durante los años 70, tras lo cual comenzó un período de estabilidad relativa (Figura 39). La figura sugiere una ligera tendencia descendiente a partir de 1986, seguida por una aumento durante los cuatro últimos años, pero no se detectaron diferencias significativas para este período. Es aparente un aumento marginalmente significativo en los años más recientes, con respecto a los niveles de población de principios de los años 80.

En el caso del stock occidental y sureño (Figura 40), los datos sugieren que la población ha permanecido estable en los años recientes a un nivel inferior a aquel de mediados de los años 70, aunque las estimaciones de ese período son muy imprecisas. No es claro si la reducción aparente en las estimaciones de 1983-1986 refleja cambios reales en la abundancia.

Los índices bajos para el stock occidental y sureño durante 1985 y 1986 corresponden a estimaciones elevadas para el stock nordeste en esos años, sugiriendo la posibilidad de desplazamientos de delfines a través de los límites actuales de los stocks. A raíz de esto, el personal de la CIAT ha decidido analizar los delfines manchados de altamar como un solo stock. En años recientes, los dos stocks juntos no han mostrado casi ningún cambio (Figura 41).

### ***Delfín tornillo***

Los datos para el stock oriental del delfín tornillo sugieren que ha sido estable durante los últimos años (Figura 42). Con la excepción de la estimación elevada de 1988, los índices no suavizados de los últimos seis años caen entre 360 y 380 mil animales, nivel similar a aquellos estimados para los fines de la década de los 70. Una comparación con estimaciones anteriores indica que existe alguna evidencia de que la estimación suavizada de 1991 es inferior a aquella de 1976.

No han ocurrido cambios significativos en el stock panza blanca durante la última década (Figura 43). La estimación no suavizada de 1992 está al nivel de aquellas de 1988-1990, sugiriendo que la estimación de 1991 fue afectada por condiciones de El Niño, ya que las dos estimaciones más bajas, aquellas de 1983 y 1991, corresponden a años de episodios de El Niño.

### ***Delfín común***

Al añadir la estimación de 1992, el índice suavizado del stock norteño de 1991 cambia a ser significativamente inferior a los índices de los años antes de 1988 (Figura 44). Sin embargo, la interpretación de la tendencia reciente en los índices es problemática, tal como se comenta en el Informe Anual de la CIAT de 1991, páginas 228-229, ya que los índices representan la abundancia en solamente una fracción del área de distribución del stock. Estudios aéreos y a bordo de barcos realizados durante 1991 y principios de 1992 frente a la costa del sur de Alta California señalaron grandes aumentos en la abundancia de delfines comunes con respecto a estimaciones previas, sugiriendo que ha ocurrido un traslado hacia la parte norte del área de distribución. En la mayor parte del área ocupada por este stock ocurre muy poco esfuerzo de pesca por cerqueros atuneros, y por lo tanto las estimaciones son afectadas gravemente por este cambio aparente en la distribución. Adicionalmente, las mortalidades causadas por la pesca han sido bajas para este stock, menos de un 0.5% de la mejor estimación disponible de su abundancia absoluta. Recientemente el NMFS proyectó un estudio a bordo de un barco que abarcará toda el área de distribución del stock norteño del delfín común, y los datos recopilados en este estudio llevarán a una mejor comprensión de la distribución espacial del stock dentro de este área, y también de la distribución del delfín manchado de altamar, que ocurre también en esta región.

Los datos del stock central indican una población estable desde principios de los años 80, tras una reducción hacia fines de los años 70 (Figura 45). Parece haber una ligera tendencia ascendiente en los últimos años, pero ésta no es significativa.

Los datos para el stock sureño son escasos, dificultando la evaluación de las tendencias en la abundancia (Figura 46). No existen diferencias significativas entre las estimaciones de la serie entera.

---



En resumen, parece que la pauta de estabilidad en la abundancia relativa de los stocks principales de delfines persiste tras incorporar las estimaciones de 1992 a los procedimientos de estimación para descubrir tendencias. Aunque los cambios observados en los últimos años no son significativos, parece que dos de los stocks principales (el stock nordeste del delfín manchado de altamar y el stock central del delfín común) se están aumentando levemente.

Los resultados de estudios al norte de la supuesta área de distribución sugieren que la gran reducción en el índice para el stock norteño del delfín común es causada por un cambio en la disponibilidad, y no la abundancia. Estudios futuros proporcionarán más información sobre la distribución de las dos especies principales de delfines en este área.

### ***Rastreo de delfines y atunes***

Los atunes aleta amarilla de talla mediana y grande (entre unos 11 y 45 kg, o 25 y 100 libras) se asocian frecuentemente con delfines en la superficie del océano. Aunque se encuentran con mayor frecuencia con delfines manchados, también se asocian con otras especies, en particular los delfines tornillo y común. A pesar de muchos años dedicados a la investigación de atunes y delfines en el Océano Pacífico oriental, no se entiende bien el vínculo atún-delfín. Estudios realizados por el personal de la CIAT sugieren que es posible que el vínculo se relaje al anochecer. La similitud de los contenidos estomacales de los atunes aleta amarilla y delfines manchados capturados simultáneamente sugiere que la relación se base quizás en el alimento, aunque esta similitud podría ser el resultado, y no la causa, de la asociación. Si se pudieran determinar las circunstancias bajo las cuales el vínculo se relaja o rompe, es posible que con esta información se puedan desarrollar métodos para capturar atunes aleta amarilla grandes con redes de cerco sin cercar delfines.

Se ha aprendido mucho sobre la biología de atunes y delfines a través de los estudios de rastreo, en los cuales los animales son equipados con transmisores electrónicos y seguidos por varias horas o días a fin de determinar sus desplazamientos verticales y horizontales. Se pensó que se podría aprender mucho más sobre el vínculo atún-delfín si atunes y delfines de una sola agregación fueran capturados, marcados con transmisores electrónicos, liberados de la red simultáneamente, y seguidos por varias horas o días. Por consiguiente, en colaboración con el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos y la Universidad de Hawaii, la CIAT inició un estudio preliminar, llevado a cabo frente a Centroamérica entre el 6 de noviembre y el 5 de diciembre de 1992. El cerquero *Nicole K* fue fletado por el NMFS para capturar los peces y delfines. El barco *McArthur*, del National Oceanographic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos, y sus lanchas auxiliares fueron dotados con equipo de rastreo sónico y radiofónico para rastrear a los peces y delfines. El estudio fue financiado con fondos asignados por el Congreso de los Estados Unidos para estudios de la asociación atún-delfín y de métodos de capturar atunes grandes "sin delfines."

Después que el *Nicole K* capturó las asociaciones atún-delfín, se hicieron intentos de capturar atunes dentro de la red antes del retroceso, usando sedal y anzuelo desde un barco de 5 m. Cuando este método fracasó, nadadores fijaron los transmisores a peces libres, inmediatamente antes de y durante el retroceso. Se usaron dos tipos de transmisores ultrasónicos, ambos de duración esperada de tres días y de 0.8-1.2 km (0.50-0.75 mn) de alcance. Un tipo permite rastrear los desplazamientos horizontales del pez, y el otro transmite datos de presión que permiten seguir además su profundidad.

Los delfines fueron capturados por nadadores dentro del cerco, antes del retroceso y colocados en una balsa parcialmente inundada. A continuación les fueron montados radiotransmisores sujetos con tuercas de magnesio que se corroen en agua salada, soltando los

transmisores al cabo de unos días o semanas. Los delfines marcados fueron liberados dentro de la red para así permitir liberar a la agregación entera de la red al mismo momento. Al parecer, los transmisores no dificultaron la natación de los delfines. Adicionalmente, a algunos de los transmisores se fijaron dispositivos, conocidos por la sigla TDR (*Time-Depth Recorder*), que registran la profundidad del delfín cada 10 segundos y la temperatura ambiental cada minuto. Fue necesario recapturar los delfines y desmontar los TDR para recuperar estos datos.

Se liberaron las agregaciones enteras simultáneamente de la red. Antes de liberarlas, se colocaron las dos lanchas en la ruta anticipada de escape de las agregaciones. Durante el rastreo, se tomaron desde el *McArthur* datos ambientales, usando un dispositivo SEACAT (para medir conductividad, temperatura, y profundidad) o batitermógrafos desechables, a intervalos de 4 horas. Se observó también desde el *McArthur* el comportamiento de congregación de aves, a fin de estudiar la asociación de aves marinas con atunes y delfines, y la variación diaria en el número de aves en las bandadas.

Se efectuaron once lances sobre delfines manchados. Se marcaron seis delfines durante cinco lances, y cinco atunes durante dos lances.

En un lance, se liberaron de la red con éxito tres atunes aleta amarilla marcados y tres delfines marcados. Un atún que se había enmallado durante la carga de la red fue marcado con un transmisor de 60 kHz con sensor de profundidad y liberado dentro de la red, pero al parecer estaba moribundo y no se esperaba que sobreviviera. Por lo tanto, de los otros dos atunes marcados durante el retroceso, uno fue marcado con otro transmisor del mismo tipo y frecuencia y el otro con un transmisor de posición (69 kHz). Durante el retroceso se liberaron todos los delfines (aproximadamente 275) y 13 de las 15 toneladas estimadas de atunes, incluyendo el espécimen marcado previamente moribundo, al que se observó con el cardumen, nadando y aparentemente en buena condición. Desafortunadamente, esta situación resultó en confusión en el rastreo de los atunes al salir éstos de la red cuando los dos peces con transmisores idénticos nadaron en direcciones opuestas. Se perdieron las señales antes de que se pudiera determinar una orientación. Durante los tres días subsecuentes no se recibió ninguna señal de los atunes marcados, aunque todos los delfines fueron avistados de nuevo y recapturados.

Durante otro lance, dos atunes fueron marcados, pero a diferencia de todos los delfines (incluyendo dos delfines marcados) y la mayoría de los atunes, los atunes marcados no escaparon de la red durante el retroceso y no fueron rastreados.

Se rastrearon cinco de los seis delfines durante 1 a 2 días, y se abandonó el rastreo del sexto al cabo de 2.5 horas para intentar otro lance. El sistema de rastreo por radio funcionó muy bien, con alcances de hasta 13 mn (24 km) desde el *McArthur* y el *Nicole K* y más de 5 mn (9 km) desde las lanchas. Este sistema es mucho mejor que los sistemas manuales de radiogoniometría usados previamente para rastrear delfines. Al parecer, los delfines no reaccionaron generalmente al acercarse los barcos de rastreo, ni evadieron al *McArthur* cuando se efectuó el rastreo desde menos de 2 mn (4 km). Sin embargo, pareció que los delfines se esparcieron cuando el *McArthur* se acercó lentamente a una distancia de 1/2 mn (1 km) del grupo para intentar captar las señales acústicas de los atunes. A veces los delfines evitaron los barcos de rastreo cuando el cerquero o su helicóptero estaba cerca. Después de un lance, los delfines se alejaron rápidamente de la red por unas horas después de ser liberados. No se sabe si este comportamiento resultó de que fueron seguidos por los barcos de rastreo.

El rastreo de los delfines, aún sin el rastreo simultáneo de los atunes, probó ser valioso por varias razones. Proporcionó datos sobre los desplazamientos y tiempos de zambullida de los seis animales. Su velocidad de natación y la frecuencia con la que salen a la superficie pueden ser comparados bajo diversas condiciones, tales como durante la alimentación *versus* mientras

están viajando, y comportamiento “normal” *versus* aquel al ser perseguidos o tras ser liberados de la red. Rastrear a los delfines durante toda la noche redujo también el tiempo de búsqueda de una agregación atún-delfín sobre la cual efectuar lances la próxima mañana. Ya que fue factible realizar lances repetidos sobre la misma manada de delfines y observarlos desde el helicóptero, fue posible recopilar datos sobre el reclutamiento de atunes a los delfines y observar también la cohesión de la manada de delfines.

El rastreo de los delfines permitió además la recuperación de los TDR. Se creyó inicialmente que sería difícil observar a un individuo en particular y simultáneamente efectuar lances sobre una manada viajando y esparciéndose, cercar la porción de la manada que contenía ese individuo, y sacarlo de la manada mientras estaba en la red para recuperar el TDR. No obstante, se recuperaron 2 de los 3 TDR entre 25 y 44.5 horas después de ser liberados los delfines.

Ya que los TDR miden y almacenan a intervalos frecuentes datos sobre la profundidad de los delfines y la temperatura ambiental, se obtuvo un historial del comportamiento de natación de los delfines cuando los TDR fueron recuperados. Estos son los primeros datos de este tipo obtenidos sobre delfines manchados, y pueden ser usados para determinar las horas y las profundidades a las cuales se alimentan los delfines y sus profundidades preferidas de natación, particularmente en relación a la termoclina. Además, los datos quizás sean útiles en la calibración de las estimaciones del tamaño de las manadas mediante el cálculo del porcentaje del tiempo promedio que un delfín sería visible en o cerca de la superficie.

Un análisis preliminar de los datos de TDR indica que los delfines manchados realizan zambullidas profundas de noche, aparentemente para alimentarse de organismos en la capa profunda de dispersión (Figura 47). Estas zambullidas profundas ocurren con mayor frecuencia al amanecer y al anochecer. El comportamiento diurno es asimismo interesante; los delfines se sumergen hasta justo encima de la termoclina y nadan a esa profundidad antes de regresar a la superficie (Figura 48). Actualmente se están examinando estos comportamientos más detalladamente.

Se colocaron los TDR en los delfines principalmente a fin de comparar el comportamiento de natación de los delfines con aquel de atunes marcados con transmisores con sensor de profundidad. Todavía no es posible comparar los comportamientos durante rastreos simultáneos, pero los datos recopilados durante este estudio pueden ahora ser comparados con datos sobre las profundidades de natación de estudios previos de rastreo de atunes aleta amarilla (Informe Anual de la CIAT de 1981: página 124).

Durante este estudio se resolvió mucha de la incertidumbre inherente en un proyecto tan ambicioso. Se descubrió que es posible capturar, marcar, y rastrear los delfines en una manera eficaz y que los barcos de rastreo pueden acercarse a los delfines sin perturbar su comportamiento. Otro descubrimiento particularmente alentador fue que la recaptura de delfines individuales para recuperar los TDR es más fácil de lo que se había pensado. Se descubrió que nadadores pueden marcar atunes en el canal de retroceso, y que si hay cantidades suficientes de atunes, pueden ser sacados de la red con los delfines mediante la maniobra de retroceso. Se descubrió también que debe haber un mínimo de 10-15 toneladas de atunes en la red al marcar y liberar los atunes y delfines. Estos cardúmenes más grandes se acercaron más a la superficie, particularmente al estrechar la red, facilitando el marcado de los peces, y también era más fácil sacar estos cardúmenes de la red mediante la maniobra de retroceso. Se mejorarán en estudios futuros los métodos de marcar los atunes y descargarlos casi simultáneamente de la red con los delfines.

### ***Taller Internacional sobre la Ecología y las Pesquerías de Atunes Asociados con Objetos Flotantes***

Del 11 al 14 de febrero de 1992 se celebró en el Scripps Institution of Oceanography en La Jolla, California (EE.UU), un Taller Internacional sobre la Ecología y las Pesquerías de Atunes Asociados con Objetos Flotantes. Fue organizado por el personal de la CIAT y patrocinado por la empresa Bumble Bee Seafoods, Inc., de San Diego. Los objetivos de la reunión fueron: (1) revisar la información de todos los océanos del mundo sobre las pesquerías de atunes asociados con objetos flotantes; (2) comparar estas pesquerías a la luz de diferencias en la oceanografía física y biológica, la topografía y vegetación costera, la precipitación, y el flujo de los ríos en distintas áreas; y (3) identificar la investigación necesaria para lograr una mejor comprensión de la asociación entre los atunes y los objetos flotantes. Se invitó a científicos y otros expertos con conocimientos de biología de los atunes, ecología marina, comportamiento de peces y mamíferos, ciencia forestal, ecología terrestre y costera, oceanografía, y pesca. Asistieron en total 65 personas de España, los Estados Unidos, las Filipinas, Francia, Japón, Rusia, Senegal, las Islas Seychelles, Venezuela, la Comisión del Pacífico Sur, y la CIAT, y 26 informes fueron presentados por los participantes.

El taller consistió de cinco sesiones consecutivas: Pesquerías regionales sobre objetos flotantes; Comunidades asociadas con los objetos; El origen y el destino final de objetos flotantes; La circulación de objetos flotantes en el océano; y El comportamiento de agrupamiento de los peces. Los 2 1/2 primeros días del taller fueron dedicados a la revisión y comparación de la información disponible sobre estos temas. La segunda mitad del tercer día fue usada para discusiones entre grupos de trabajo con interés especial en las secciones arriba descritas. Durante el último día tuvo lugar una discusión sobre asuntos de evaluación y manejo que resultan de la asociación de atunes con objetos flotantes.

Se presenta el siguiente resumen, extraído de un informe más detallado, de las conclusiones formadas en las cinco sesiones.

#### ***Pesquerías regionales sobre objetos flotantes***

Por lo general, la pesca de atunes asociados con objetos flotantes ocurre en aguas productivas adyacentes a áreas terrestres con bosques tropicales productivos y precipitación abundante. Las temporadas de mayor éxito de la pesca sobre objetos flotantes están correlacionadas positivamente con las temporadas con las mayores descargas de los ríos. Muchos aspectos de la asociación de atunes con objetos flotantes son similares en todos los océanos. Una observación común es que el comportamiento de atunes asociados con balsas para agregar peces ancladas es diferente de aquel de atunes asociados con objetos flotantes a la deriva. En la mayoría de las pesquerías, se ha observado que atunes se asocian con objetos flotantes durante la noche y la madrugada, después de ascender en la columna de agua durante las horas antes del amanecer. La busca de alimento, a distancias de hasta varias millas del objeto flotante, ocurre principalmente durante el día.

La asociación entre los atunes aleta amarilla y delfines que es tan prevalente en el Pacífico oriental parece ser mucho menos frecuente en los otros océanos, aunque hay descripciones de su ocurrencia de la mayoría de áreas. Las distribuciones de talla de aletas amarillas capturados por distintas modas de pesca con red de cerco y distintos tipos de artes de pesca son diferentes. Se capturan peces más pequeños en asociación con objetos flotantes y en cardúmenes no asociados. Se capturan peces más grandes asociados con delfines, y los más grandes son capturados con palangres. Un análisis de objetos flotantes en el Pacífico oriental indica que la may-

oría son objetos de madera, principalmente árboles o partes de árboles, y que el tipo del objeto ejerce poca influencia sobre la captura lograda.

En el Pacífico central se logra una porción significativa de la captura de atunes cerca de balsas ancladas. Se pesca principalmente peces de aguas profundas durante el día. Los peces capturados cerca de las balsas son más grandes que aquellos capturados por la pesca sobre objetos flotantes. Se capturan los peces más grandes en cardúmenes no asociados.

Las capturas de atunes en el Pacífico occidental han aumentado en años recientes, debido principalmente a aumentos en el número de barcos cerqueros grandes. Se captura la mayoría de los peces en cardúmenes no asociados, y hasta el 6% de las capturas consiste de peces capturados en asociación con balsas ancladas. No se captura casi ningún pez en asociación con delfines, pero se capturan algunos peces asociados con ballenas vivas o muertas. Los aletas amarillas suelen ser más grandes en cardúmenes no asociados que en cardúmenes asociados con objetos flotantes. Los objetos flotantes son más abundantes durante el tercer y cuarto trimestre del año.

En el Océano Atlántico oriental, la pesca sobre objetos flotantes se ha hecho importante en años recientes, principalmente después de la expansión de la pesquería al área al sur de la línea ecuatorial. Recientemente se han introducido balsas derivantes. Las capturas de peces asociados con objetos flotantes son más importantes que aquellas de peces no asociados, y la razón de lances positivos a lances totales es mayor para los peces asociados con objetos flotantes que los peces no asociados. A veces se encuentran atunes asociados con ballenas, pero rara vez con delfines. Aletas amarillas asociados con objetos flotantes son principalmente pequeños, mientras que aquellos capturados cerca de balsas ancladas suelen ser más grandes.

En la región Atlántico occidental-Caribe se capturan atunes con mayor frecuencia en cardúmenes no asociados, seguido por cardúmenes asociados con tiburones ballena, ballenas, y objetos flotantes, en ese orden. La captura media por lance es máxima para peces asociados con objetos flotantes. No hay ninguna diferencia apreciable en la talla de los peces capturados por las distintas modas de pesca con red de cerco.

En el Océano Indico, donde las capturas han aumentado de forma considerable en años recientes, la pesca está dirigida principalmente hacia cardúmenes no asociados. Se realiza una cantidad significativa de lances sobre peces asociados con objetos flotantes, y desde 1991 ha ocurrido un aumento en el uso de balsas derivantes. En contraste a lo que se ha observado en otros océanos, las capturas por lance son similares para cardúmenes asociados y no asociados. Los peces capturados en asociación con objetos flotantes suelen ser más pequeños que aquellos capturados en cardúmenes no asociados.

Se acordó que los estudios en el futuro deberían enfocar en los tiempos de residencia de atunes asociados con objetos flotantes, las razones para la diferencia entre el comportamiento de atunes asociados con balsas ancladas y de aquellos asociados con objetos a la deriva, por qué fluctúa la cantidad de atunes asociados con balsas con períodos largos y no productivos entre períodos de productividad superior al promedio, cómo la disponibilidad de alimento limita la abundancia del aleta amarilla, y las ventajas y costos para los atunes que se asocian con delfines.

### ***Comunidades de objetos flotantes***

Se discutió durante las presentaciones la cuestión de que si la fauna asociada con objetos flotantes representa comunidades biológicas o agregaciones facultativas. Se sugirió que quizás no sea necesaria una respuesta a esta cuestión para seleccionar el mejor diseño de una balsa para agregar peces. Sin embargo, si la fauna asociada con objetos flotantes refleja una estructura comunitaria, entonces se deben realizar estudios de cómo las distintas especies se estable-

cen en un objeto flotante y cómo cambia su función dentro de la comunidad con el tiempo. Las agregaciones asociadas con objetos flotantes son similares en todos los océanos. Los componentes más comunes incluyen dorados (*Coryphaena* spp.), atunes (aleta amarilla, patudo, barrilete, barrilete negro, y melvas), tiburones (por ejemplo, *Carcharhinus floridanus* y *C. limbatus*), peces puerco (Balistidae), marlines (*Makaira* spp.), tortugas marinas, y aves marinas (por ejemplo, fregatas (Fregatidae) y pájaros bobo (*Sula* spp.)). Se sugirió que las especies de presa dentro de estas comunidades no evitan los predadores, sino que los predadores y la presa están coadaptados para mantenerse mutuamente al alcance de la vista y mantener distancias interespecíficas apropiadas. La biomasa de las especies de presa encontradas alrededor de objetos flotantes parece ser insuficiente para sostener la biomasa de atunes y otros predadores asociados con objetos flotantes. Se sugirieron varios estudios para explorar la estructura y relaciones tróficas de estas agregaciones.

### ***Origen y destino final de objetos flotantes***

Se notó que la cantidad de objetos flotantes transportados al océano por ríos no es proporcional al tamaño del río. Los ríos que atraviesan tierras altas extensivas normalmente no llevan muchos objetos flotantes. Objetos flotantes grandes provienen principalmente de bosques a altitudes más bajas, o son transportados al mar por ríos de montaña con flujos fuertes que descenden pendientes precipitosas. Se ha estimado que un 0.05% de los árboles caídos en selvas tropicales llegan eventualmente al océano. Casi la mitad de los objetos flotantes en el mar provienen de actividades humanas. Debido a su composición química, algunos árboles tropicales, por ejemplo los mangles, no flotan por mucho tiempo.

La estacionalidad es común en la producción de objetos flotantes, y los máximos están normalmente relacionados a la ocurrencia de las temporadas de lluvia. En el Pacífico occidental es menos aparente una pauta estacional en la producción de objetos flotantes, debido quizás a diferencias en la ocurrencia de la temporada de lluvias en las distintas áreas que suministran objetos flotantes a dicho océano.

Se expresaron dudas sobre la hipótesis de que la asociación entre atunes y objetos flotantes era una adaptación evolutiva, con base en el supuesto de que la abundancia de objetos flotantes es un fenómeno reciente que resulta de actividades humanas (por ejemplo, la deforestación y la descarga de desechos en los océanos). Sin embargo, se notó que objetos flotantes naturales eran abundantes en el Océano Pacífico antes de la explotación forestal y que, a largo plazo, parece haberse reducido la producción de objetos flotantes. Es posible que una deforestación progresiva y continua sea la causa principal, pero el aumento en el control de agua, tal como la construcción de presas, quizás haya reducido el transporte de objetos flotantes al mar.

El grupo reconoció que no sería difícil identificar más detalladamente los orígenes de objetos flotantes naturales, y que esa información sería muy útil.

### ***La circulación de objetos flotantes en el océano***

Modelos de la circulación de objetos flotantes deberían tomar en cuenta la influencia del viento y de las corrientes, pero el comportamiento de objetos flotantes con respecto a estos dos componentes no es muy claro. Por lo general, no es posible decir que los objetos flotantes son indicadores de áreas de alta productividad primaria. Sin embargo, las áreas que son buenos hábitats para los atunes son generalmente áreas con presas más grandes que suelen estar corriente abajo de las áreas de alta productividad primaria. Es probable que las zonas de convergencia, áreas que no se cree sean de alta productividad primaria, concentren los objetos flotantes y las presas de los atunes. Se notó que zonas de convergencia y divergencia de corrientes son car-

acterísticas de muchas áreas de pesca principales. Por lo tanto, estudios más detallados de estas áreas, factibles con tecnología actual de sensores remotos, podrían arrojar resultados interesantes y útiles.

### ***El agrupamiento y otro comportamiento de peces***

La evidencia actualmente disponible indica que los atunes exhiben comportamiento diferente en asociación con objetos anclados que en asociación con objetos a la deriva. Experimentos de rastreo sugieren que es posible que el agrupamiento no es la moda dominante de comportamiento para los aletas amarillos cerca de Hawaii: no parece que se agrupen de noche o mientras estén viajando. Los atunes se asocian más estrechamente con una balsa anclada durante el día, y por la noche se dispersan dentro de un radio de 5 millas de la balsa. Se sugirió que se deberían llevar a cabo estudios de rastreo similares con objetos flotantes a la deriva en el Océano Pacífico y con balsas ancladas y objetos flotantes a la deriva en otros océanos. El grupo subrayó la importancia de un conocimiento detallado de los hábitos alimenticios de los atunes y la necesidad de estudios comparativos de los hábitos alimenticios de atunes capturados en tres tipos de lances: sobre objetos flotantes, cardúmenes de peces no asociados, y delfines. Se consideró particularmente importante la comparación de los hábitos alimenticios de atunes en el Atlántico oriental con aquellos de atunes en el Pacífico oriental, a fin de determinar si ésto explicaría la diferencia en la incidencia de la asociación con delfines.

### **CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1992 Y PERSPECTIVAS PARA 1993**

El convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical manifiesta que las responsabilidades principales de la Comisión son estudiar la biología de los atunes y especies afines del Océano Pacífico oriental (OPO) para determinar los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre la abundancia de los mismos y, con base en estos estudios, recomendar medidas apropiadas de conservación para mantener a los stocks de peces a niveles que permitan capturas máximas sostenidas. Para cumplir con esta obligación, el personal de la Comisión realiza un amplio programa de investigación que abarca estudios biológicos y oceanográficos y la toma y análisis de estadísticas detalladas de captura y esfuerzo de los barcos que pescan en el OPO. De acuerdo con estas responsabilidades, se preparan documentos informativos para poner a los Comisionados al día sobre la evaluación por el personal de la Comisión de la condición de los recursos de atunes en el OPO. En el presente Informe Anual se reproduce la información en dichos documentos, con cambios menores, para ponerlo al alcance del público en general.

### **ALETA AMARILLA**

El aleta amarilla es la especie más importante capturada por la pesquería atunera de superficie en el OPO. El personal de la CIAT ha usado varios modelos con estructura de edades y de producción para evaluar el efecto de la pesca sobre la abundancia del aleta amarilla en el OPO y determinar la condición actual del recurso.

#### ***Modelos con estructura de edades***

Los modelos con estructura de edades utilizan datos sobre el reclutamiento y sobre el crecimiento y mortalidad de peces individuales. Se obtienen las estimaciones de estos parámetros se obtienen mediante el análisis de datos de frecuencia de talla y de los otolitos de los peces en la captura, complementados por datos de marcas devueltas y demás datos de varios tipos. Los

investigadores de la CIAT han recopilado datos sobre la composición de tallas de aletas amarillas capturados en el OPO desde 1954, y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante el período de 1951-1954. Los otolitos fueron coleccionados entre 1977 y 1979, y se realizaron los análisis a principios de los años 80. La gran mayoría del marcado fue llevada a cabo entre 1955 y 1981, y se continúa el análisis de los datos resultantes.

### ***Análisis de cohortes***

Los estudios de cohortes realizados por los investigadores de la CIAT han producido información sobre la abundancia y mortalidad de peces de cohortes individuales muy útil para la evaluación del stock. (Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo: por ejemplo, los peces de la cohorte X73 alcanzaron una talla de unos 30 cm en noviembre de 1973, ingresaron inicialmente a la pesquería en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1974, y contribuyeron a ella de forma significativa por primera vez durante el segundo semestre de ese año; la cohorte Y73, que alcanzó los 30 cm en mayo de 1973, ingresó a la pesquería por primera vez en pequeñas cantidades en el segundo semestre del mismo año, y contribuyó significativamente a la pesquería por primera vez en el primer semestre de 1974.) El primer paso consiste en asignar a los peces a la cohorte adecuada. A continuación se calculan estimaciones del número de peces en cada cohorte al momento de reclutamiento y a varios intervalos subsiguientes, y también del número que es capturado y que muere durante cada intervalo. La información necesaria para realizar estos cálculos incluye la cantidad y peso promedio de los peces de cada cohorte en la captura, una estimación de la tasa de mortalidad natural (o estimaciones de una serie de tasas si la mortalidad natural no es constante para peces de distintas edades), y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca correspondiente a por lo menos uno de los intervalos de captura de cada cohorte. Estas se denominan tasas "de inicio" de la mortalidad por pesca. Todas estas estimaciones se obtienen de los análisis de las estadísticas de captura, y de los datos de la frecuencia de talla, peso-talla, y proporción de sexos. Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada porque, aunque es fácil distinguir los peces de una cohorte cuando son jóvenes, esto se hace más y más difícil a medida que envejecen, y por consecuencia es probable que se asignen a menudo a cohortes incorrectas. Por lo tanto no sólo son menos precisas de lo deseable las estimaciones de las capturas de los peces de cada cohorte, sino que las estimaciones de las tasas de mortalidad son algo imprecisas. Específicamente, se usa una tasa anual instantánea de mortalidad natural ( $M$ ) de 0.8 para machos de cualquier edad. Para las hembras, se supone que  $M$  es 0.8 para los primeros 30 meses en la pesquería, y que sucesivamente aumenta de forma lineal hasta llegar a 4.8 a los 80 meses. (En realidad, varía bastante entre cohortes.) Además, la capturabilidad de los peces varía con la edad, área, temporada del año, condiciones meteorológicas, y otras circunstancias, y las tasas de crecimiento y el momento de reclutamiento también varían. Todo esto crea interferencia y produce también posiblemente un sesgo en los cálculos.

En la Tabla 22 se presentan las poblaciones medias estimadas de las distintas cohortes, expresadas en número de peces. En el caso de la cohorte X68, por ejemplo, el número medio de peces de edad 0 en el último trimestre del 1968 fue 23,667,000, y la población de la cohorte durante el primer, segundo, tercer, y cuarto trimestre de 1969 fue en promedio 19.38, 15.76, 12.53, y 9.40 millones de peces, respectivamente (filas de 1969, columna I). En 1970, el promedio de la población de peces de 2 años de edad de la misma cohorte del primer al cuarto trimestre fue 6.30, 3.76, 2.84, y 2.15 millones de peces, respectivamente (filas de 1970, columna II), y así sucesivamente. El promedio del número de peces de 0, 1, 2, 3, 4, 5, y 6 años de edad de las siete



cohortes X (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1964, y 1962) durante el último trimestre de 1968 fue 23.67, 9.18, 2.26, 0.61, 0.13, 0.06, y 0.02 millones, respectivamente (1968, última fila). Se presentan los valores para las cohortes Y de igual forma, excepto que éstas aparecen por primera vez durante el segundo trimestre del año.

En la Tabla 23 se presentan las estimaciones del número de reclutas de cada cohorte en el período de 1967-1992. Las estimaciones de 1992 son preliminares y están sujetas a cambios, debido a que los reclutas han estado expuestos a la pesca menos de un año, y si su vulnerabilidad a la captura fue superior o inferior al promedio, entonces el reclutamiento habría sido sobreestimado o subestimado. Ocurre lo mismo, si bien en grado menor, con las estimaciones de 1991. Los promedios de los reclutamientos iniciales (columnas 2-4) son 36 millones para la cohorte X y 44 millones para la cohorte Y; el promedio de la población media durante el mes de reclutamiento (columnas 5-7) es 35 millones para la cohorte X y 42 millones para la cohorte Y. La variabilidad (el cociente de la estimación más grande a la más pequeña) entre años es aproximadamente igual para la cohorte X (3.01) y la cohorte Y (3.31), y aquella de los datos combinados (2.66) indica una relación inversa (no necesariamente significativa) para las dos cohortes. El reclutamiento ha sido variable, pero el promedio de 1978-1992 ha superado aquel de 1967-1977. Parece que fue ascendente la tendencia en el reclutamiento en los 20 últimos años, con un reclutamiento inicial medio de unos 64, 73, y 98 millones de peces durante los períodos de 1967-1975, 1976-1982, y 1983-1992, respectivamente (Figura 49). Se podría sin embargo postular que esto se debe a una variación aleatoria, especialmente en el período de 1973-1992, cuando el reclutamiento inicial medio fue unos 87 millones de peces.

Los números de peces en la Tabla 22 fueron convertidos a pesos, usando los datos del peso promedio de los peces de distintas tallas (Tabla 24), para calcular la biomasa anual media estimada (peso total promediado sobre cuatro trimestres) de cada cohorte. Se estimaron tasas de mortalidad por pesca de inicio distintas para los meses en los cuales se explotaron por última vez las distintas cohortes, de acuerdo con las fluctuaciones del esfuerzo de temporada a temporada. Además, para permitir una comparación, se hicieron los cálculos para todas las cohortes con tasas de inicio superiores o inferiores a aquellas que se consideran ser las mejores estimaciones. Se ajustaron estas tasas para lograr una comparación mejor de las estimaciones de las cohortes (Figura 59, recuadro inferior) con las demás tendencias estimadas de la abundancia (Figura 59, recuadros superior y central). Se calcularon las estimaciones de la biomasa (Figura 50) usando valores mensuales. En esta figura es fácil ver la fuerza relativa de las varias cohortes. Por ejemplo, el reclutamiento de las cohortes X84 y Y84 combinadas fue más o menos normal (Tabla 23) y su biomasa (Figura 50, sombreado doble) alcanzó su máximo a la edad de 2 años. Estas cohortes no fueron explotadas de forma intensiva hasta 1987, cuando tenían 2 años de edad (Figura 51). En cambio, el reclutamiento inicial de las cohortes X72 y Y72 combinadas (Figura 50, rayas diagonales) fue inferior al promedio (Tabla 23), y después de la pesca intensiva de los peces de la cohorte Y a la edad de 1 año en 1973 (Figura 51), su biomasa fue relativamente baja (Figura 50) en los años subsiguientes.

En la Figura 52 se presentan las estimaciones de la biomasa anual media en el período de 1967-1992, correspondientes a todos los peces de todas edades y a "peces grandes" (todos los peces de ambas cohortes presentes en la pesquería durante más de 17 meses). El promedio de la biomasa total en el período de 1967-1971 fue unas 360 mil toneladas cortas. Consistía de una gran proporción de peces más viejos, procedentes del reclutamiento de 1965-1967 y poco explotados en su juventud. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento de la explotación durante el período de 1969-1972, provocó una reducción de la biomasa de peces más viejos de 1969 a 1973. Permaneció baja hasta 1974, mientras que la abundancia de peces más pequeños

aumentó en ese año a raíz de una generación anual extremadamente numerosa en 1973 (Tablas 22 y 23), la cual produjo la mayor parte del aumento en la biomasa de peces grandes en 1975 y 1976. La mayor captura anual de aleta amarilla en la historia de la pesquería antes de 1985 fue la de 1976 (Tabla 25). El reclutamiento inferior al promedio de 1975 y 1976, junto con la explotación fuerte de peces jóvenes entre 1973 y 1982, provocaron una reducción en la biomasa de peces jóvenes y viejos, alcanzando en 1982 el nivel más bajo observado en años recientes. Aunque el reclutamiento de 1977 fue bien superior al promedio (fue superado solamente por aquellos de 1973, 1987, y 1989), la captura de estos peces (y de aquellos del reclutamiento de 1978) a 1 y 2 años de edad fue tan elevada que impidió que estas generaciones contribuyeran mayormente a la pesca en 1981 y 1982. El reclutamiento fue inferior al promedio desde 1979 hasta 1982, aproximadamente normal de 1983 a 1985, y superior al promedio desde 1986 hasta 1992. La biomasa aumentó en 1983, debido principalmente a la disminución del esfuerzo de pesca en ese año, y se incrementó mucho en 1984 y 1985 gracias al aumento del reclutamiento y a la reducción de la pesca de peces jóvenes. Desde entonces ha aumentado más paulatinamente.

En las Figuras 51 y 53 se presentan las capturas anuales de peces de las cohortes X e Y y de ambas cohortes combinadas durante el período de 1967-1992. En la Figura 51 cada recuadro incluye las capturas de peces de una sola cohorte en diferentes años, mientras que en la Figura 53 cada recuadro incluye las capturas de peces de distintas cohortes en un solo año.

Los cambios ocurridos en la composición por edad de la población y la captura se ven bien claros si se comparan las Figuras 50 (estimaciones anuales de la biomasa de las cohortes X e Y), 52 (estimaciones anuales de la biomasa total y de peces grandes), y 53 (capturas anuales, clasificadas por edad). En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era elevado, sobrevivían cada vez menos peces hasta alcanzar un tamaño grande. La reducción del esfuerzo en 1982, 1983, y 1984 permitió el desarrollo de muchos peces que anteriormente hubieran sido capturados de jóvenes. La contribución total de las cohortes X e Y combinadas en el período de 1967-1987 (Figura 51) fluctúa de las 148 mil toneladas de la cohorte de 1976 a las 392 mil toneladas de la de 1987, con un promedio de 227 mil toneladas para los 21 grupos. De no haber sido explotada tan intensamente la cohorte Y73 durante su primer año, las capturas correspondientes hubieran sido todavía mayores. Al dividir las capturas de estas cohortes combinadas por las estimaciones del reclutamiento iniciales correspondientes (Tabla 23) se producen estimaciones del rendimiento por recluta para cada cohorte combinada (Figura 54) que oscilan entre 2.2 y 3.4 kg (4.8 y 7.5 libras). El reclutamiento inicial para 1967-1987 varió entre 49 y 130 millones de peces (Tabla 23), con un promedio de 74 millones, y produjo un rendimiento por recluta medio de 2.8 kg (6.1 libras).

#### ***Análisis de rendimiento por recluta***

Además de los análisis de cohortes, se usa también el modelo de rendimiento por recluta. Cuando los peces de una cohorte son jóvenes, el peso total aumenta debido al rápido crecimiento en peso de los peces individuales, mientras que las pérdidas por mortalidad natural son leves. A medida que envejecen los peces, se reduce su tasa de crecimiento, mientras que la mortalidad natural permanece más o menos igual, y en consecuencia la disminución del peso total ocasionada por la mortalidad natural en ese período es superior al incremento por crecimiento, y el peso total sufre una pérdida neta. Eventualmente, la cohorte desaparece. La forma ideal de obtener el rendimiento en peso máximo de una cohorte de peces (suponiendo, para los fines de este estudio, que ese es el propósito de la administración de la especie) sería capturar cada pez justo antes de su muerte por causas naturales, situación imposible de lograr. La mejor alternativa sería capturar a los peces cuando alcancen la edad o talla a la cual la pérdida en el peso total ocasionada

por la mortalidad natural compensa exactamente la ganancia debida al crecimiento ("edad crítica" o "talla crítica"). Esto es factible en el caso de algunos moluscos, como las ostras y las almejas, que quedan expuestos al bajar la marea y pueden ser capturadas fácilmente en ese momento. Si se vigila constantemente un banco de moluscos, y se recogen con frecuencia aquellos ejemplares que han alcanzado la talla crítica, se está ejerciendo un esfuerzo pesquero infinito sobre los organismos que han alcanzado dicha talla. Es obvio que esto no es factible para la mayoría de las especies marinas.

Si tampoco es factible esta segunda alternativa, entonces la intuición sugiere que la pesca debería comenzar por aquellos peces que todavía no han alcanzado la talla crítica. Esta es la tercera alternativa, y es la única factible para la mayoría de las especies de peces. Se supone, por ahora, que la talla de ingreso (es decir, la talla de los peces más pequeños capturados) puede ser controlada eficazmente. Si el esfuerzo de pesca fuera intenso, se seleccionaría una talla de ingreso tan sólo ligeramente inferior a la talla crítica, la mayoría de los peces capturados serían de edad y talla cercanas a nivel crítico, y el rendimiento sería casi tan elevado como con la segunda alternativa. Si el esfuerzo de pesca fuera menos intenso, se seleccionaría una talla de ingreso muy inferior a la crítica, el rango de talla y edad de los peces capturados sería más amplio, y el rendimiento sería bien inferior a lo que se podría lograr con la segunda opción (pero continuaría representando el máximo posible sin incremento del esfuerzo).

No obstante, es posible que no se pueda controlar la talla de ingreso eficazmente. En tal caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control del esfuerzo. Si la talla de ingreso es superior a la talla crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si es inferior, limitar el esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Cabe mencionar que es necesario permitir que algunos miembros de una cohorte se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturados. Si los peces desovan mucho antes de alcanzar la talla crítica, la población probablemente no se verá afectada; sin embargo, si el desove ocurre después de que los peces hayan alcanzado la talla crítica, y el esfuerzo de pesca es intenso, es posible que el número de reproductores se reduzca al grado de repercutir negativamente en el reclutamiento de años subsiguientes. En consecuencia, una estrategia de pesca orientada a lograr el rendimiento por recluta máximo no producirá necesariamente un rendimiento máximo. Si la forma de pescar influye en el reclutamiento futuro, se logrará el rendimiento máximo mediante un control de la pesca que optimice la magnitud de la cohorte y el rendimiento por recluta en forma simultánea: esta posibilidad será analizada en detalle más adelante. (No obstante, esto no significa que una leve reducción del número de reproductores disminuiría el reclutamiento en años subsiguientes, puesto que esta situación no parece presentarse en la mayoría de las especies de peces). El modelo de rendimiento por recluta aquí descrito no considera la posibilidad de cambios en el reclutamiento, pero éste sí forma parte de los modelos de producción, analizados más adelante.

Cabe señalar además que un aumento en la densidad de una población de peces puede llevar a una reducción en el crecimiento de individuos o un aumento en la mortalidad natural. Por consiguiente, es posible que la pérdida por captura de algunos peces de talla inferior a la crítica sea compensada, al menos parcialmente, por el crecimiento más rápido y/o la mortalidad natural inferior del resto de los peces. Además, si la densidad de la población influye en las tasas de crecimiento y de mortalidad natural, esto modificará la talla y la edad críticas de manera correspondiente. El modelo de rendimiento por recluta aquí descrito no toma en cuenta esta dificultad, pero se compensa en forma automática en los modelos de producción.

En el caso del aleta amarilla del OPO, las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural obtenidas por los investigadores de la CIAT serían idealmente más confiables, pero se

estima la talla crítica en aproximadamente 116 cm (32 kg o 70 libras). La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son bastante más pequeños. A fines de los años cincuenta y principios de los sesenta, cuando la mayor parte de la flota atunera cambió de la pesca con carnada a la pesca con red de cerco, se incrementó la talla promedio de los peces capturados: muchos de ellos eran de talla igual o superior a la crítica. La captura anual media lograda por las artes de superficie también aumentó de forma marcada después de la conversión a la pesca cerquera, cifrándose en unas 105 mil toneladas entre 1961 y 1970, en comparación con unas 84 mil toneladas en 1951-1960. La expansión de la pesquería hacia altamar a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante en este incremento de las capturas, pero también influyó el aumento en la talla promedio de los peces capturados.

El objetivo de la administración estipulado en el convenio de la CIAT es obtener el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS). El rendimiento máximo por recluta es equivalente al RPMS, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores, como se indicó anteriormente. En la Figura 55 se presentan las estimaciones del rendimiento por recluta que resultan de varias combinaciones de talla de ingreso y esfuerzo de pesca, correspondientes a dos épocas diferentes. (El esfuerzo de pesca se analizará más detalladamente en la sección titulada *Modelos de producción*.) Las diversas combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de ingreso producen distintos rendimientos por recluta, señalados por las líneas curvas. Los cálculos se basan en los datos de crecimiento en peso detallados en la Tabla 24, los coeficientes de mortalidad por pesca obtenidos del análisis de la biomasa descrito en la subsección titulada *Análisis de cohortes*, y las estimaciones de los coeficientes de mortalidad natural presentadas en esa subsección. Durante el período de 1978-1982 el esfuerzo de pesca se aplicó en casi igual proporción a peces pequeños, medianos, y grandes, mientras que durante el período de 1989-1992 el esfuerzo de pesca se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños. La distribución de tallas de 1988 fue excluido del último período debido a que fue similar a aquellas de 1978-1982, comprendiendo una mezcla de peces grandes, medianos, y pequeños. Los efectos de este cambio pueden ser observados en los histogramas de frecuencia de edad en la Figura 53. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo, la talla de ingreso óptima sería 32 kg (70 libras) (la talla crítica), y el rendimiento por recluta 4.2 kg (9.3 libras). Las tallas de ingreso que producirían los rendimientos máximos por recluta para diversos múltiplos del esfuerzo de pesca, señaladas por líneas curvas en la Figura 55, son denominadas curvas pesqueras eumétricas. En el caso de 1978-1982, se puede ver en el primer recuadro de la Figura 55 que si el esfuerzo aumentara de 33,000 días (el nivel de 1978-1982) a 46,000 días y la talla de ingreso a unas 42 libras (19 kg), el rendimiento por recluta ascendería de unas 5.0 libras (2.3 kg) a unas 8.0 libras (3.6 kg). Para el período de 1989-1992 (Figura 55, recuadro inferior), un cambio en la talla de ingreso a 42 libras (19 kg) y un aumento en el esfuerzo de 21,000 días (el nivel de 1989-1992) a 46,000 días aumentaría el rendimiento por recluta de aproximadamente 6.5 libras (2.9 kg) a 8.5 libras (3.9 kg).

La descripción anterior supone, por implicación, que la alteración de la talla de ingreso no modifica la distribución por área del esfuerzo de pesca, suposición que se vería justificada si la pesquería operara como se señala a continuación. Al principio, cuando la talla de ingreso es baja, los barcos encontrarían algunos cardúmenes de peces pequeños y otros de peces grandes, y realizarían lances sobre ambos tipos. Posteriormente, cuando la talla de ingreso es mayor, los barcos realizarían lances solamente sobre cardúmenes con peces grandes. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia peces grandes en el segundo período sería igual que en el primero. Sin embargo, es probable que si la talla de ingreso del aleta amarilla aumentara por algún motivo, los pescadores tenderían a disminuir la búsqueda en estratos de tiempo-área con preponderancia

de peces pequeños y la intensificarían en aquellos en que predominaran los peces grandes, aumentando probablemente el esfuerzo de pesca aplicado a peces grandes. En general, ésto tendería a incrementar el rendimiento por recluta en mayor medida que lo indicado en la Figura 55, y parece que ésto es lo que ha ocurrido en los últimos años.

El rendimiento total es el producto de las estimaciones del rendimiento por recluta y el reclutamiento. Por ejemplo, el rendimiento por recluta (determinado a partir del extremo inferior de la Figura 55) correspondiente a 1978-1982, con un esfuerzo de pesca de 33,000 días de clase 6, es 5.0 libras (2.3 kg). Para 1989-1992, con un esfuerzo de pesca de 21,000 días, el rendimiento por recluta es 6.5 libras (2.9 kg). A partir de los análisis de cohortes (páginas 260-262), se estableció que el rendimiento por recluta anual medio fue 2.9 kg (6.3 libras) en el período de 1967-1992 (Figura 54, tercer recuadro). Los rendimientos que se pueden obtener con estos rendimientos por recluta y un reclutamiento inicial de 90 millones de peces, el promedio de 1977-1992, son como sigue:

Período	Rendimiento por recluta (libras)	Reclutamiento (millones de peces)	Rendimiento (miles de toneladas cortas)
1978-1982	5.0	90	225
1989-1992	6.5	90	293
1967-1992	6.3	90	284

El rendimiento con la mortalidad por pesca específica por talla de 1989-1992 es un 30% mayor que con aquella de 1978-1982. En Informes Anuales de la CIAT anteriores se señaló que el cambio de orientación del esfuerzo de pesca de peces pequeños a peces grandes provocaría un aumento del rendimiento por recluta y de las capturas. Ocurrió un cambio de ese tipo, y resultó en un aumento en las capturas en 1985, 1986, y 1987. Sin embargo, en 1988 se capturaron más peces de menor talla, y en 1989, 1990, 1991, y 1992 se volvieron a capturar peces más grandes (Figura 15). Tal como se puede ver en el tercer recuadro de la Figura 54, el rendimiento por recluta disminuyó a menos de 6 libras en 1988, y a continuación alcanzó un promedio superior a las 6.5 libras en 1989-1992. El rendimiento por recluta en un año (Figura 54, tercer recuadro) está altamente correlacionado con el peso medio capturado (Figura 56) en ese año (Figura 57).

### **Modelos de producción**

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, se basan en datos de la totalidad de la población y no de especímenes individuales. Una población de peces que no ha sido expuesta a la pesca está a la magnitud máxima permitida por las condiciones ambientales; su mayor desarrollo se ve impedido por los predadores, por falta de alimento o de espacio vital adecuado, etc. Se dice que la población está en equilibrio cuando el incremento por reclutamiento y crecimiento es compensado a la larga por las pérdidas causadas por la mortalidad natural. Es posible que la magnitud de la población sea superior al promedio en años de condiciones ambientales particularmente favorables, e inferior al mismo en otros, pero generalmente se puede hacer caso omiso de estas condiciones al analizar las tendencias a largo plazo.

Si una o más embarcaciones pesqueras comenzaran a explotar la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone ser proporcional a la magnitud de la población, sería bastante elevada al principio, ya que la población estaría en su punto máximo. El incremento de la población seguiría siendo debido al reclutamiento y crecimiento, pero las pérdidas se deberían no sólo a la mortalidad natural sino también a la mortali-

dad por pesca, y por consiguiente disminuiría la población. En reacción a esta disminución, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural cambiarían, y la ganancia lograda por los dos primeros factores excedería la pérdida provocada por el último. Si se dejara de pescar, la ganancia neta haría que la población recuperara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproximase a esa magnitud, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural volverían gradualmente a los niveles anteriores, hasta acabar iguales a lo que eran antes de comenzar la pesca. En esta forma, la población recuperaría el equilibrio en su magnitud máxima. Sin embargo, si se continuara a pescar al mismo nivel, la población llegaría eventualmente a equilibrarse, pero con diferentes tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural, y sería de magnitud inferior a la original. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si hubieran pocos barcos explotando el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubieran muchos, la población se reduciría considerablemente y la CPUE sería mucho menor.

La captura total sería el producto de la CPUE y el esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, un incremento moderado del esfuerzo compensaría de sobra la reducción correspondiente de la CPUE y produciría capturas mayores, pero esto no sucedería si el nivel de esfuerzo fuera más elevado. En algún nivel intermedio de esfuerzo el producto se encontraría en su punto máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) de peces (meta estipulada en el convenio de la CIAT), el esfuerzo de pesca debería ser mantenido a ese nivel. Si el objetivo es obtener una ganancia máxima, el esfuerzo debería ser algo menor (suponiendo un precio constante), y si es lograr el mayor empleo posible de pescadores, debería ser algo mayor. Si el esfuerzo es inferior al grado óptimo seleccionado, se dice que la población está subexplotada, mientras que si es mayor al óptimo, se afirma que la población está sobreexplotada.

Es más fácil analizar la interrelación entre el esfuerzo, la captura, y la CPUE en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que rara vez se presentan estas condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca de su punto máximo y súbitamente se incrementa el esfuerzo, la CPUE disminuirá paulatinamente durante un tiempo hasta alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE menor. Durante el período de transición las capturas serán mayores que en el nuevo punto de equilibrio. De manera similar, si la población se encuentra en equilibrio a un nivel bajo y el esfuerzo disminuye repentinamente, la CPUE aumentará gradualmente durante un tiempo antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE mayor. Durante el período de transición las capturas serán menores a las que se lograrán en el nuevo punto de equilibrio.

Es oportuno examinar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción para el atún aleta amarilla del OPO. El análisis anterior examinó "una población de peces". Los modelos de producción no son aplicables a menos de que haya poco intercambio entre los peces del área de interés y las áreas adyacentes. Se ha estudiado el grado de intercambio de aleta amarilla entre el ARCAA y la zona que la rodea (Figura 58), y se analizaron los resultados en Informes Anuales de la CIAT anteriores. Antes de 1990 se realizó el modelado de producción solamente para el ARCAA, pero (tal como se explica en la página 233 del Informe Anual de la CIAT de 1989) se decidió realizar análisis basados en la suposición de que las capturas realizadas en el OPO (al este de 150°W) provienen de un solo stock. Datos limitados indican que no ocurre una mezcla amplia de peces entre el OPO y el área al este de 150°W.

Suponiendo que los modelos de producción sean aplicables, este hecho puede advertirse sólo si: (1) existen datos de captura, esfuerzo, y CPUE de un amplio rango de niveles de esfuerzo

de pesca, que de preferencia incluyan períodos de subexplotación y sobreexplotación, y (2) las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia aparente provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca. Se observará más adelante que sí existen datos sobre un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca. Los efectos de las condiciones ambientales también se analizaron en Informes Anuales de la CIAT anteriores. Hasta donde se ha podido establecer, estos efectos suelen compensarse en períodos relativamente cortos, y se decidió no tomarlos en cuenta pues no afectaban la eficacia del modelo.

Se ha hecho referencia al esfuerzo de pesca sin especificar que existen distintos tipos de esfuerzo, concretamente, los que ejercen las embarcaciones cerqueras, palangreras, y de carnada, más las variaciones correspondientes a distintas capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos, no es posible obtener el valor del esfuerzo total por medio de la simple combinación de los distintos tipos de datos sobre el esfuerzo. Hay dos métodos para calcularlo. En el primero se consideran exclusivamente los datos correspondientes a un solo tipo de arte de pesca, generalmente la predominante, denominada clase estándar. La captura total de todos los tipos de arte, dividida por la CPUE de la clase estándar, proporciona una estimación del esfuerzo total en unidades de la clase estándar. En el segundo se estima la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase estándar, y entonces se calcula el esfuerzo estandarizado de cada clase por medio del ajuste de los datos del esfuerzo no reducidos por los factores apropiados. El esfuerzo total estandarizado se deriva de la suma de los datos no reducidos del esfuerzo del arte estándar y los datos estandarizados del esfuerzo de las demás artes. Los investigadores de la CIAT han utilizado el primer método y varias combinaciones de ambos métodos. Se ha medido el esfuerzo no estandarizado y estandarizado en días de pesca y en días estandarizados de pesca, respectivamente, y las CPUE correspondientes han sido denominadas captura por día de pesca (CPDP) y captura por día estandarizado de pesca (CPDEP). En esta sección sólo se utiliza el esfuerzo estimado a partir de la división de la captura total de aleta amarilla por la CPDP de aleta amarilla de los cerqueros no reglamentados de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad), salvo en el caso del modelo de tiempo de búsqueda (Figura 59, segundo recuadro), analizado en el próximo párrafo.

En el recuadro superior de la Figura 59 se señalan los valores de la CPDP correspondientes al período de 1967-1992. En el segundo recuadro de la figura se presenta un índice de la abundancia en 1970-1992 basado en el modelo de "tiempo de búsqueda" (Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3), similar al modelo de CPDP. En el recuadro inferior se presentan los índices de la abundancia del aleta amarilla derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente. Las tendencias de los tres índices son similares, aunque el índice de cohortes indica una abundancia relativa a 1970 mayor que los demás. Dos de los índices señalan que la población aumentó en 1985 y 1986, disminuyó en 1986 y 1987, y permaneció a ese nivel; el tercero indica que aumentó súbitamente en 1984 y 1985 y más lentamente desde 1985 hasta 1992.

Los datos de CPDP señalados en la Tabla 25 y el recuadro superior de la Figura 59 indican que la abundancia del aleta amarilla en 1986 fue la más alta del período de 1967-1986, y que desde entonces ha permanecido estable a un nivel ligeramente inferior a aquel de 1986. En vista de las escasas capturas en 1982, 1983, y 1984, que permitieron el aumento de la población, este incremento de la abundancia era de esperar, como también lo era la disminución de 1986 a 1987, ocasionada por las grandes capturas durante 1986 y 1987. Sin embargo, las CPDP de 1984-1991 han sido más altas que lo previsto, debido probablemente a (1) un reclutamiento superior al promedio, (2) una reducción del esfuerzo en las zonas de mayor abundancia de barrilete, a raíz de la disminución de la demanda de barrilete y de aleta amarillo pequeño, y (3) la mayor talla



promedio del aleta amarilla capturado, que produjo un rendimiento por recluta más elevado. En cuanto al punto (2), cabe mencionar que el modelo de tiempo de búsqueda (Figura 59, segundo recuadro) incluye un ajuste para el efecto producido por la pesca en las zonas de mayor abundancia de barrilete.

El modelo simétrico de producción, descrito a continuación, se aplicó primero con los datos de captura, esfuerzo, y CPUE de los barcos de carnada en el Area A1 (Figura 58) en el período de 1934-1955, que abarcaban un amplio rango de esfuerzo al lado de la curva correspondiente a la subexplotación. Dichos datos indicaban que, dentro del rango de esfuerzo de pesca incluido, la población se conformaba al modelo. En 1960 y 1961 el esfuerzo fue mayor al nivel óptimo por primera vez, y la población reaccionó en años subsiguientes, provocando capturas y CPUE inferiores, lo que sirvió para una mayor confirmación de la aplicabilidad del modelo.

Antes de mediados de los años sesenta sólo se pescaba en la parte del OPO cercana a la costa, y alrededor de algunas islas y bancos de altamar. A mediados y fines de esa década comenzó a incrementarse la flota pesquera, y el esfuerzo de pesca se extendió a una distancia mucho mayor de la costa. En la Figura 58 se ilustran tres áreas, denominadas A1, A2, y A3, que representan respectivamente la extensión original de la pesquería, el resto del ARCAA, y el resto del Océano Pacífico oriental. Si el intercambio de peces entre estas tres áreas es instantáneo, el RPMS de las tres zonas combinadas sería igual al del Area A1 solamente, pero si no hay intercambio, el RPMS de las tres áreas combinadas sería la suma de los RPMS individuales de las tres áreas. Estudios descritos detalladamente en Informes Anuales de la CIAT anteriores indican que el intercambio de peces entre las tres áreas es relativamente lento; por lo tanto, el RPMS de A1, A2, y A3 combinadas es superior a aquel del Area A1, pero inferior a la suma de los RPMS individuales de A1, A2, y A3.

Tal como se mencionó anteriormente, es necesario contar con datos que abarquen un amplio rango de esfuerzo para estimar el RPMS y los valores correspondientes del esfuerzo y la CPUE. En 1968, una vez que se hizo evidente que la estimación del RPMS calculada para el Area A1 no era aplicable al ARCAA entero, los Comisionados autorizaron a los investigadores emprender un programa experimental de sobrepesca con el objetivo de obtener, lo antes posible, una estimación del RPMS del ARCAA. Esto fue necesario puesto que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los escasos años transcurridos desde la extensión de la pesca hacia altamar. Al sobrepasar los niveles óptimos del esfuerzo, la captura se reduciría, o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se hubiera reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta obtener una estimación suficientemente precisa del RPMS. Sin embargo, esto requiere de bastante tiempo, ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca, y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se utilizan técnicas de regresión para obtener estimaciones de los parámetros de los modelos de producción, usando datos de esfuerzo y captura en varios años. Uno de estos parámetros es una estimación de la biomasa de la población al principio del primer año. Se estima la biomasa de la población al principio del segundo año a partir del modelo, la captura en el primer año, y las demás estimaciones de los parámetros, y así sucesivamente en los demás años. Se usa el mismo método para estimar la biomasa anual media de la población.

Es importante tener en cuenta al aplicar un modelo de producción que el crecimiento de una población, tanto positivo como negativo, se ve determinado por tres factores: crecimiento (debido al crecimiento de peces individuales y al reclutamiento), pérdidas naturales, y captura.



La captura es un parámetro fijo en un año dado, y por lo tanto la magnitud de la población al principio del año es lo que determina si la población aumenta o disminuye. Si por alguna razón los factores naturales provocan una reducción mayor a la que espera el modelo, entonces el valor esperado para el año siguiente superará al valor real, y esta sobreestimación seguirá hasta que algo cause que la población crezca con una rapidez mayor a la que espera el modelo. Sucedería lo contrario si al principio creciera la población a un paso mayor al esperado. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre la subestimación y la sobreestimación. Si el crecimiento de la población es inferior a la predicción, las capturas serán menores, y el modelo estimará cambios menores que los reales. Las capturas seguirán siendo inferiores a lo esperado, pero no se pronosticará un resultado catastrófico. En cambio, si la población supera la magnitud predicha, las capturas también serán superiores a lo esperado, y el modelo estimará reducciones en la población mayores que las reales. Si se realizan capturas grandes en varios años seguidos, entonces es posible que el modelo prediga la desaparición de la población, aún cuando ésta sea de una magnitud que prevenga este riesgo. Esta situación resulta del procedimiento secuencial utilizado por el personal de la CIAT, y parece que ocurrió en el período de 1984-1991.

En años anteriores a 1987 se llevó a cabo la estimación sin ajustes para compensar por el carácter secuencial del procedimiento de estimación pero, tal como se explica en el párrafo anterior, pareció entonces necesario incluir algún tipo de ajuste. Se logró el ajuste usado para calcular las estimaciones de 1987 interrumpiendo la serie de estimaciones de la población en 1985 y estimando de nuevo la biomasa, dividiendo la CPUE observada en 1985 por la estimación del coeficiente de capturabilidad. Esto parecía ser un ajuste razonable, ya que los tres estimadores presentados en la Figura 59 fueron elevados en 1985. Este nuevo procedimiento casi no afectó las estimaciones de los parámetros, pero sí afectó mucho la estimación de la magnitud de la población de 1987. En años recientes se han estimado dos ajustes, uno para el período de 1968-1983 y el otro para el período que va desde 1984 hasta el último año para el cual se dispone de datos.

En los Informes Anuales de la CIAT de 1986, 1987, y 1988 se presentaron dos análisis para el ARCAA basados en los modelos de producción. Uno de ellos empleó el modelo logístico (o simétrico), en el cual se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPUE es lineal. El otro emplea el modelo generalizado de producción del stock, para el cual dicha relación no necesita ser lineal. En ambos análisis se usaron solamente datos del esfuerzo estimados mediante la división de la captura total por la CPDP de los barcos de la clase 6 de arqueo. En ambos ajustes se fijó el coeficiente de capturabilidad  $q$  igual a 0.000039, estimación obtenida anteriormente con datos de 1968-1982, lo que implica que la capturabilidad de los peces de diversas edades no ha cambiado con el tiempo. Los datos de estas dos curvas son:

Ajuste	$m$	$q$	Rendimiento máximo sostenible en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ( $\times 10^{-9}$ )
1	2.0	0.000039	174	2.224
2	0.8	0.000039	178	3.330

$m$  es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hacen que sea asimétrica hacia la derecha, y los valores superiores a 2 la hacen asimétrica hacia la izquierda. La suma de los cuadrados es una medida de la precisión del ajuste de los puntos a la curva; como más bajo el valor, mejor el ajuste, y *viceversa*.

A partir de los análisis del modelo de producción basados en datos del período de 1968-1985, en el Informe Anual de la CIAT de 1985 se afirmó que, para permitir al stock alcanzar su magnitud óptima, la captura de 1986 en el ARCAA no debía superar a las 224 mil toneladas. Sin embargo, puesto que algunas estimaciones señalaban una cantidad inferior, se fijó la cuota máxima para 1986 en 205 mil toneladas. La captura en el ARCAA en 1986 alcanzó 253 mil toneladas, pero los índices de abundancia no disminuyeron durante ese año. Anteriormente se demostró que este aumento inesperado de la producción se debía a un incremento del reclutamiento y del rendimiento por reclutamiento. Las fluctuaciones en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca específica por edad siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados del análisis del modelo de producción. Tal como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período de 1983-1990 fue elevado, y el de 1991 y 1992 probablemente también, y estos altos niveles de reclutamiento, junto con los cambios en la mortalidad por pesca específica por edad, hacen que sean poco confiables a corto plazo las predicciones hechas a partir de los análisis de los modelos de producción. Por ejemplo, agregar los datos de 1986 y 1987 a la base de datos del período 1961-1985 y calcular nuevamente los parámetros del modelo de producción cambió muy poco las estimaciones del RPMS y el esfuerzo óptimo, y a la larga ambos modelos, el simétrico y el asimétrico, con el ajuste arriba descrito, describieron adecuadamente la producción potencial media del stock. Sin embargo, al agregar los datos de 1988 se vió bien clara la necesidad de una explicación diferente. La captura de 1988 fue tan grande que un colapso de la población y unas CPUE extremadamente bajas a principios de 1989 fueron esperados a partir del modelo. Obviamente, ésto no sucedió.

Durante los tres períodos descritos en la página 261, el reclutamiento inicial estimado, peso promedio, rendimiento por recluta, rendimiento potencial, y capturas anuales fueron los siguientes:

Período	Reclutamiento inicial (millones de peces)	Peso promedio lb (kg)	Rendimiento por recluta (lb)	Rendimiento potencial (1000 tons.)	Captura observada (1000 tons.)
1967-1975	64	24.4 (11.1)	6.8	218	184
1976-1982	73	14.7 (6.7)	5.3	193	212
1983-1992	98	24.2 (11.0)	6.5	318	270

Ya que las capturas observadas en los dos primeros períodos fueron similares (si bien por distintas razones), se realizó el ajuste de los modelos de producción a los datos de esfuerzo y captura de 1968-1984 sin complicaciones. No obstante, ya que aumentaron el reclutamiento y el rendimiento por recluta durante el tercer período, se hace imposible explicar la relación entre captura y esfuerzo a partir de la suposición de que los parámetros de la población permanecen constantes. Por consiguiente se ajustaron los datos con dos conjuntos de parámetros diferentes, uno para los datos de 1968-1983, y el otro para los datos de 1984-1992 (Figuras 60 y 61, recuadros superiores). Los resultados son los siguientes:

Años	$m$	$q$	Rendimiento máximo sostenible en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ( $\times 10^{-9}$ )
1968-1983	2.0	0.000027	211	1.7680
1968-1983	0.8	0.000027	200	1.9000
1984-1992	2.0	0.000039	322	0.4295
1984-1992	0.8	0.000039	328	0.4248

Los rendimientos estimados para el período de 1984-1992 parecen ser demasiado elevados, según el modelo de rendimiento por recluta, pero se dispone de solamente nueve años de datos, y únicamente los ocho últimos contribuyen al ajuste. El modelo simétrico ( $m = 2.0$ ) parece producir un ajuste mejor (Figura 60, pero el modelo asimétrico con  $m = 0.8$  (Figura 61) produce una suma de cuadrados más baja para el último período. El modelo de rendimiento por recluta indica que el modelo asimétrico debería ser más adecuado.

En los recuadros inferiores de las Figuras 60 y 61 se comparan las CPDP observadas con las CPDP esperadas calculadas del modelo mismo, usando valores de  $m$  de 2.0 y 0.8 y datos de dos períodos distintos. Se puede ver que generalmente corresponden bastante bien a lo largo de los años presentados. Sin embargo, en años específicos ocurren divergencias amplias, especialmente para  $m = 0.8$ . Esto se debe a que los modelos de producción sean esencialmente modelos de regresión que suponen condiciones normales, y no pueden reflejar los efectos de cambios grandes a corto plazo en el reclutamiento o la mortalidad específica por edad.

### **Condición del stock en 1992 y consideraciones para 1993**

Los análisis de cohortes producen estimaciones del número y peso de los peces de cada grupo de edad en la pesquería al principio de 1993 y, si se cumplen ciertas suposiciones acerca del número de peces reclutados, el esfuerzo de pesca, y la mortalidad por pesca específica por edad durante 1993, también proporcionan una base para la estimación de la captura en dicho año. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1992 y 1993 fue superior a lo normal, y que el esfuerzo de pesca y la mortalidad por pesca específica por edad en 1993 serán iguales a aquellos de 1992. Cabe destacar que el nivel de esfuerzo durante 1991 y 1992 fue sustancialmente inferior a aquel de 1987-1990 (Figuras 60 y 61). Los resultados indican que la captura de 1993 debería ser superior a la de 1992, a menos que el esfuerzo disminuya. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor talla, tal como ocurrió en el período 1978-1982 y, en menor grado, en 1988, la captura de 1993, con el esfuerzo al nivel de 1992, sería bastante inferior. Claro que si el reclutamiento de 1992 y 1993 resulta ser igual o inferior al promedio, la captura de 1993 será inferior a lo esperado.

Los análisis del rendimiento por recluta demuestran que dicho rendimiento, a niveles actuales de esfuerzo, sería un 23% mayor si la flota dirigiera su esfuerzo hacia peces grandes, tal como hizo en 1989-1992, que cuando lo concentran en peces pequeños, tal como ocurrió en 1978-1982. El nivel actual de esfuerzo es aproximadamente 18 mil días de cerqueros de la clase 6 por año, mientras que el promedio del esfuerzo en 1978-1982 fue unos 33 mil días por año. Una reducción de 33 mil a 18 mil días durante el período anterior habría producido un aumento de aproximadamente 5% en la captura y 93% en la captura por día. Por lo tanto, la combinación del rendimiento de recluta aumentado con el esfuerzo reducido produciría un aumento de 29% en el

rendimiento por recluta ( $1.05 \times 1.23 = 1.29$ ). En la Figura 62 se ilustran los rendimientos por recluta correspondientes a dos pautas diferentes de mortalidad por pesca específica por edad.

En la Figura 63 se presentan los efectos de dos niveles promedio de reclutamiento distintos, aquellos de 1989-1992 ("elevado") y de 1967-1992 ("promedio"), combinados con la mortalidad por pesca específica por edad de 1989-1992. La captura, al nivel actual de esfuerzo, es aproximadamente 30% mayor con un reclutamiento elevado que con un reclutamiento promedio. La captura con reclutamiento y esfuerzo elevado al nivel de 1989-1992 es 35% mayor que la captura con reclutamiento y esfuerzo promedio al nivel de 1978-1982.

En la Figura 64 se presentan los efectos combinados de reclutamiento elevado y mortalidad por pesca específica por edad similar a aquella de 1989-1992 *versus* reclutamiento normal y mortalidad por pesca específica por edad similar a aquella de 1978-1982. En este caso la captura de la primera combinación supera a aquel de la segunda por un 60% para niveles de esfuerzo entre 10 mil y 35 mil días. Casi la mitad del aumento en la captura estimada provendría del reclutamiento aumentado y la otra mitad del rendimiento por recluta aumentado.

Los modelos de producción para los cuales se estimaron los parámetros con los datos de 1968-1983 predicen que el stock de aleta amarilla se reduciría a cero a principios de 1990, a raíz de las capturas grandes logradas durante 1985-1989. Estos modelos permiten una captura casi nula en 1990, 1991, o 1993. Obviamente estas estimaciones no son representativas de las condiciones en la pesquería. Tal como se indica arriba, los análisis con estructura de edades demuestran que han ocurrido cambios mayores en la mortalidad por pesca específica por edad y el reclutamiento en los últimos años, y que éstos han causado que la producción del stock sea mucho mayor que lo esperado por los parámetros del modelo de 1968-1983. Si se supone que los datos de los años más recientes representan las condiciones actuales en la pesquería, y se estiman de nuevo los parámetros del modelo de producción de la forma descrita anteriormente, entonces las capturas esperadas corresponden mucho mejor a las observadas (recuadros inferiores de las Figuras 60 y 61). Los parámetros nuevamente estimados del modelo estiman que la captura de equilibrio en el OPO en 1993, con el nivel de esfuerzo reducido de 1992, sería aproximadamente 300 mil toneladas. Ya que se estima que la magnitud del stock será algo mayor al nivel óptimo, la captura de 1993 podría superar las 300 mil toneladas sin reducir el stock a un nivel inferior al óptimo. Con este nivel de esfuerzo reducido, la CPDP sería unas 17 toneladas.

Se estima que el reclutamiento ha fluctuado por un factor de 3, aproximadamente, y que no parece tener relación con la magnitud del stock dentro del rango de datos de pesca observados (Figura 65). Esta situación dificulta aún más la elaboración de pronósticos a corto plazo con modelos de producción. Para mejorar las predicciones obtenidas a partir de este modelo es necesario utilizar información sobre el reclutamiento. Lo más conveniente sería efectuar pronósticos con uno o dos años de anticipación. El Laboratorio de la CIAT en Achotines, República de Panamá, se creó, en parte, para obtener información que permita realizar pronósticos sobre el reclutamiento del aleta amarilla, pero no se obtendrá información útil en el futuro inmediato. Tal como se señaló en el Informe Anual de la CIAT de 1985, las fluctuaciones en el reclutamiento parecen estar vinculadas con cambios importantes en el medio oceánico. Las estimaciones del reclutamiento derivadas de los análisis de cohortes y presentadas en la Tabla 23 indican que existieron anomalías positivas en el reclutamiento de 1970, 1973, y 1977. Estos incrementos del reclutamiento fueron precedidos por condiciones de El Niño en 1969, 1972, y 1976. A partir de esta correlación se esperaba un incremento del reclutamiento después del Niño fuerte de 1982-1983, y, efectivamente, así fue. En 1986-1987 ocurrió otro Niño, de menor intensidad y extensión; las aguas del OPO fueron por lo tanto más cálidas que de costumbre desde 1982 hasta 1987. El reclutamiento del período 1983-1989 fue el mayor jamás registrado en un período de 7

años. Durante 1988 y 1989 prevalecieron en el OPO condiciones fuertes del llamado "anti-El Niño," pero el reclutamiento fue superior a lo normal en 1989 y 1990, y probablemente en 1991 y 1992 también. Hay por lo tanto ahora menos evidencia que en 1990 para apoyar la hipótesis de que los eventos de El Niño sean al menos parcialmente responsables de los reclutamientos anormalmente elevados.

En resumen, la evaluación del efecto de la pesca sobre la abundancia y rendimiento del aleta amarilla en el OPO presenta dificultades. El uso exclusivo de los modelos de producción arroja resultados tenues, y en consecuencia se han combinado los resultados de tres modelos diferentes (rendimiento por recluta, cohortes, y producción) para llegar a lo que se cree ser las conclusiones más acertadas. Sin embargo, los pronósticos basados en estos análisis están sujetos a un margen de error considerable, y se prosigue por lo tanto la exploración de técnicas analíticas alternas para llegar a las mejores estimaciones posibles de la productividad del stock de aleta amarilla.

La abundancia del aleta amarilla se ve determinada por tres factores: el reclutamiento, la composición de la captura, y la captura total (una función del esfuerzo).

Con respecto al primer factor, parece actualmente que el reclutamiento es determinado exclusivamente por factores naturales, aunque es posible que en el futuro se demuestre que pudiera ser reducido por una mortalidad por pesca muy elevada u otros factores, tal como una contaminación severa.

En cuanto al segundo factor, es posible modificar la composición de talla de la captura, al menos teóricamente. Se ha hecho hincapié en esta posibilidad en múltiples ocasiones, pero no se han formulado recomendaciones para la protección de los peces de menor talla. Sin embargo, y como se señaló anteriormente, las capturas de peces pequeños fueron relativamente bajas durante 1985-1987 y 1989-1992. Esta modificación de la composición de talla de la captura se debe, al menos parcialmente, a la reducción de la demanda de peces pequeños, pero es imposible prever la duración de esta situación. De hecho, la restricción de la captura de atunes asociados con delfines pudiera resultar en un gran aumento en la captura de peces pequeños (Figura 66). Hay varias maneras de reducir la captura de peces pequeños: 1) reducir el esfuerzo de pesca; 2) fijar una talla mínima; 3) limitar la pesca en las zonas y las temporadas en que predominan los peces pequeños; 4) suponiendo que fuera posible restablecer el sistema anual de clausura, modificar la fecha de apertura de la temporada, para así reducir la cantidad de pesca durante el período de abundancia máxima de peces pequeños en la captura.

En cuanto a la primera opción, se ha señalado que la reducción de la pesca durante el período de 1982-1984 produjo un incremento en la talla promedio de los peces de la población, lo que aumentó su productividad. Sin embargo, una disminución adicional del esfuerzo probablemente no produciría un aumento de la captura, a menos de que la composición de talla del stock fuera modificada de forma importante por la pesca intensiva de peces pequeños. Se ha señalado además que una reducción del esfuerzo en 1978-1982 hubiera resultado en un aumento de 5% en la captura.

En cuanto a la segunda opción, los análisis de los datos de composición de talla indican que, por lo general, las capturas suelen consistir de mezclas de peces pequeños y grandes, y de aletas amarillas pequeños y barriletes. Esto dificultaría la protección del aleta amarilla pequeño, ya que es posible que sean capturados en grandes cantidades por barcos que intentan capturar aletas amarillas grandes y barriletes. Si no se permitiera la descarga de los peces pequeños, se arrojarían al mar, ya muertos, y el rendimiento por recluta se reduciría en lugar de aumentar.

En cuanto a la tercera opción, la eliminación de la pesca de atunes en áreas de mayor abundancia del aleta amarilla pequeño serviría quizás para incrementar el rendimiento por

recluta de esta especie, siempre que la flota pudiera pescar con buen éxito en áreas donde hay peces de mayor talla, pero la reducción de las capturas de barrilete probablemente sería mayor que el aumento de las capturas de aleta amarilla, ya que el barrilete es más abundante en esas zonas donde se encuentran los aletas amarillos pequeños en mayor cantidad.

En cuanto a la cuarta opción, no parece que la modificación de la fecha de apertura de la temporada produzca el beneficio deseado. Durante los primeros años del período en que rigieron las vedas anuales, cuando la mayor parte del esfuerzo de pesca se ejercía en el primer semestre del año, se obtenían solamente pequeñas capturas de los peces de la cohorte Y que ingresaban por primera vez a la pesquería con un peso de 0.7 a 2.0 kg (1.5 a 4.5 libras) en el segundo semestre del año. Se creyó que esto se debía fundamentalmente a la falta de vulnerabilidad a la pesca de los peces de esta cohorte. Sin embargo, en años posteriores, la pesca fue intensa durante el segundo semestre del año, y la captura de peces de la cohorte Y entrante aumentó substancialmente. En consecuencia, es posible que la modificación de la temporada no proteja a los peces más jóvenes al grado esperado.

Actualmente, no se puede recomendar ninguna de las medidas anteriores, puesto que no es posible predecir el efecto de tal reglamentación sobre la captura real (no la descarga) de peces pequeños.

En cuanto al tercer factor, la captura total, el personal de la CIAT ha recomendado solamente cuotas de captura (Tabla 25) para reglamentar la pesquería. Las cuotas rigieron en el ARCAA, o parte del mismo. Una vez alcanzada la cuota, o cuando parecía que sería alcanzada por barcos en el mar antes de la fecha de clausura, se permitía a aquellas embarcaciones que estaban sujetas a la cuota pescar otras especies, y descargar aletas amarillas capturados incidentalmente hasta un límite del 15% de su captura total de atunes. Por consiguiente, la captura de barrilete no fue reducida por las cuotas de aleta amarilla.

Los análisis precedentes del rendimiento por recluta demuestran que el nivel actual de esfuerzo está 20-30% por debajo el nivel necesario para capturar el RPMS. Demuestran además que la captura real varía en conformidad con el nivel del rendimiento y la mortalidad por la pesca específica por edad. Si el nivel de esfuerzo en 1993 permanece similar a aquel de 1991-1992 (es decir, 18 mil días de la clase 6) y las estimaciones del reclutamiento para los años recientes son casi correctas, entonces la captura en 1993 debería ser levemente superior a 300 mil toneladas y la CPDP aproximadamente 17 toneladas por día. La captura de equilibrio con la mortalidad por pesca específica por edad de 1992, un reclutamiento de 103 millones de peces, y 18 mil días de esfuerzo sería aproximadamente 310 mil toneladas por año. Si se aumentara el esfuerzo a 25 mil días, la captura de equilibrio aumentaría a unas 315 mil toneladas. En 1993 la captura sería unas 395 mil toneladas, y en los años subsiguientes se reduciría paulatinamente a unas 315 mil toneladas. Cabe destacar que si se aumentara el esfuerzo de 18 mil a 25 mil días, la captura de equilibrio se aumentaría por unas 5 mil toneladas por año (un aumento de 1.6%), pero la CPDP se reduciría de 17 a 13 toneladas por día (una reducción de 23.5%).

Los modelos de producción proporcionan conclusiones similares sobre la captura y la CPDP en 1993, con un nivel de esfuerzo similar a aquel de 1991-1992. Las estimaciones del tamaño actual del stock de los modelos de producción son substancialmente superiores al óptimo. Ya que la estimación del stock es mayor al óptimo, la pesquería podría capturar una cantidad de pescado superior al RPMS, que sería unas 325 mil toneladas por año del OPO, 275 a 285 mil de las cuales provienen del ARCAA. Sin embargo, se debe tener cuidado en el uso de los valores del modelo de producción, ya que el nivel de esfuerzo ha sido cercano al óptimo y casi constante desde 1984. (Se estimaron los parámetros a partir de datos de 1984-1992.) Bajo estas condiciones, las estimaciones son altamente imprecisas. Si la flota dirige una mayor porción del

esfuerzo hacia peces no asociados con delfines en el futuro, la captura sostenible del OPO se reducirá. Esta reducción, que podría tardar varios años en manifestarse completamente, podría reducir las capturas hasta 150 a 200 mil toneladas por año. (Cabe destacar, sin embargo, que los modelos de producción nunca han sido aplicados a una serie de datos del OPO que no incluye la pesca de atunes asociados con delfines.)

Una recomendación de una cuota de captura para el aleta amarilla sería pertinente solamente al ARCAA, pese a que los peces del ARCAA y una porción del OPO fuera del ARCAA parecen ahora pertenecer a un solo stock. En la porción del OPO fuera del ARCAA la talla promedio de los peces en la captura es cercana a la crítica, y por lo tanto óptima en cuanto a la maximización del rendimiento por recluta. No es por lo tanto necesario limitar la captura en dicha área. Durante la 51ª Reunión de la Comisión, que se celebrará en junio de 1993, se presentarán recomendaciones específicas para la reglamentación de la pesca.

## **BARRILETE**

Las capturas mundiales de barrilete han superado las de las otras especies de atunes desde hace muchos años. La proporción de barrilete en las capturas mundiales de las especies de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, y aleta azul del norte y del sur) fue un 43%, 47%, 45%, y 52% en 1987, 1988, 1989, 1990, y 1991, respectivamente. En el Océano Pacífico el barrilete formó un 46%, 52%, 48%, 49%, y 55% de la captura en 1987, 1988, 1989, 1990, y 1991, respectivamente. En la Figura 67 se presentan las capturas mundiales de barrilete, clasificadas por área. Es evidente que las capturas en el Océano Pacífico son mucho mayores que las del Océano Atlántico o Índico, y que las capturas en el Pacífico central y occidental son mucho más grandes que las del Pacífico oriental. Las capturas en el Océano Pacífico oriental (OPO) han permanecido aproximadamente al mismo nivel entre 1961 y 1992, con la excepción del incremento en el período 1975-1981; en cambio, las capturas de las otras zonas han aumentado marcadamente.

Existen pesquerías sustanciales de barrilete en el Océano Pacífico nordeste cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo, y la Isla Clipperton, y en el Océano Pacífico sudeste cerca de América Central, el norte de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito, y las Islas Galápagos. La zona de aguas cálidas a la altura de México meridional que separa estas dos regiones generalmente carece de barrilete, pero en algunos años (1956, por ejemplo) la distribución de la especie ha sido continua de norte a sur. La pesca del barrilete en el OPO tiene lugar más cerca del litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años ha aumentado la proporción de barrilete capturado mar afuera. En el Pacífico central se explota el barrilete a menor escala cerca de las islas de Hawaii y la Polinesia Francesa (las Islas Marquesas, Tuamotu, y Sociedad). Más al oeste, cerca de Fiji, las Filipinas, Indonesia, Japón, Papua Nueva Guinea, Nueva Zelanda, las Islas Salomón, *etc.*, se explota el barrilete en forma más significativa.

Las capturas totales de barrilete en el OPO y los lugares donde se captura esa especie varían considerablemente de un año a otro (Figura 67, Tabla 26). A fines de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de 5°S, y desde entonces hasta principios de los años setenta se lograron grandes capturas de la especie cerca de la costa, a la altura de Ecuador y el norte de Perú. Sin embargo, a principios de la década de los setenta el centro de abundancia del grupo sudeste se trasladó aparentemente a las aguas frente a Colombia y América Central, regresando nuevamente hacia Colombia y Ecuador a principios de la década de los ochenta. En 1992 se lograron capturas sustanciales frente a Colombia, Ecuador, y Perú (Figura 5).

En la Figura 18 se ilustra la composición de talla de las muestras de barrilete tomadas en el OPO entre 1987 y 1992. Son evidentes las diferencias entre los años; los peces fueron más pequeños en 1992 que en cualquier otro año.

A diferencia del aleta amarilla, no se captura con frecuencia el barrilete en cardúmenes asociados con delfines. Se presentan en la Tabla 26 datos del número de lances cerqueros registrados de cada tipo, las capturas de aleta amarilla y barrilete en dichos lances, y las capturas totales de aleta amarilla y barrilete. Se puede ver que el número de lances sobre atunes asociados con objetos flotantes y no asociados (asociados solamente con otros peces) fue máximo entre mediados de los años 70 y principios de los 80, y que en este período se lograron las mayores capturas de barrilete. Hay actualmente mucha oposición a la pesca de atunes asociados con delfines, y si los barcos que han pescado de esa manera en años recientes dirigieran su esfuerzo hacia la pesca de atunes asociados con objetos flotantes y no asociados, es probable que aumenten las capturas de barrilete.

Si la pesquería de atunes que habitan la superficie dependiera más del barrilete y menos del aleta amarilla en el futuro, es probable que las capturas totales de todas las especies de atunes fluctúen más entre años que durante los años 70 y 80, debido a que la disponibilidad del barrilete en el OPO es más variable que la del aleta amarilla. Las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de barrilete varían entre años por un factor de aproximadamente 7 (Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tablas 9 y 10), mientras que las de aleta amarilla varían entre años por un factor de aproximadamente 3 (Tabla 25). La mayor variabilidad del barrilete es debida a dos factores. En primer lugar, el reclutamiento de barrilete (Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tabla 14) es más variable que aquel de aleta amarilla (Tabla 23). En segundo lugar, se capturan menos grupos de edad de barrilete que de aleta amarilla, y la presencia de más grupos de edad suele disminuir las fluctuaciones entre años en las tasas de captura.

### ***Estructura de la población***

Es de importancia fundamental establecer si el barrilete que ocurre en el Océano Pacífico forma parte de una sola subpoblación o de varias subpoblaciones y, en este último caso, determinar en cuáles áreas ocurren las distintas subpoblaciones e investigar las variaciones de la distribución con el tiempo y la edad. Se han usado varios métodos para estudiar este problema, entre ellos el análisis de las estadísticas de captura, el ciclo vital, el marcado, y los datos genéticos bioquímicos. Diversas organizaciones, entre ellas la CIAT, la South Pacific Commission (SPC), el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EE.UU., y varias entidades japonesas han estudiado estos temas. Los resultados y recomendaciones de estos estudios fueron analizados en una reunión de trabajo patrocinada por la SPC en 1980, a la que asistieron biólogos pesqueros y especialistas en genética de población; las conclusiones de esa reunión fueron analizadas a fondo en el Informe Anual de la CIAT de 1984. En resumen, habían dos hipótesis principales sobre el barrilete del Océano Pacífico: (1) la hipótesis de subpoblaciones separadas, que afirmaba que en el Océano Pacífico existen al menos dos subpoblaciones de barrilete genéticamente distintas; (2) la hipótesis de gradación (o clinal), que sostenía que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico, sino que hay aislamiento por distancia: es decir, la probabilidad de hibridización de dos peces dados es una función inversa de la distancia entre los dos. En la reunión de trabajo se concluyó que la información disponible no permitía decidir a favor de una u otra de las dos hipótesis.

Un estudio más reciente (Mar. Biol., 79 (3): 315-319), en el cual se analizó el ADN (ácido desoxirribonucleico) mitocondrial, no descubrió ninguna diferencia genética significativa entre los barriletes del Océano Pacífico y del Atlántico. No obstante, cabe destacar que estos resulta-



dos no implican una mezcla rápida de peces de los dos océanos, ya que una mezcla muy lenta es suficiente para mantener la homogeneidad genética. Si no existen diferencias genéticas entre los barriletes del Pacífico y del Atlántico, es poco probable que existan entre barriletes de distintas partes del Océano Pacífico.

El Informe Anual de la CIAT de 1984 contiene un análisis de la estructura de población del barrilete en el OPO, y su relación con las poblaciones en el resto del Pacífico. El marcado ha demostrado que ocurre poca mezcla de peces entre la zona del norte de México y la del norte de Sudamérica-Centroamérica. Existe una correlación moderada entre las capturas de barrilete de las zonas nordeste y sudeste, sin embargo, pero en ocasiones, como sucedió en 1970, la captura es superior al promedio en una zona e inferior al promedio en la otra (Figura 68). Un examen de los datos disponibles lleva a la conclusión que el barrilete del norte de México y el de Sudamérica-Centroamérica parecen formar parte de un solo grupo que habita una zona en forma de arco cuyos extremos se encuentran en esas dos zonas; los peces que se encuentran en los extremos de la distribución se mezclan, al menos en cierto grado, en las zonas de desove del Pacífico central y/o occidental.

Hacia fines de los años 70 y a principios de los 80 el personal de la CIAT realizó investigaciones de la composición química de la vértebras de los atunes, usando espectroscopia de emisión de rayos X inducida por protones para estimar el grado de mezcla entre peces de distintas áreas. Se han publicado los resultados de este estudio en Informes Anuales de la CIAT y en el Volumen Colectivo de Trabajos Científicos de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, Vol. 24. El uso de esta técnica se basa en el hecho de que las distintas áreas del océano presentan características químicas, físicas, y biológicas que afectan la composición química de las partes duras de los peces. Desgraciadamente, el análisis de la estructura de los stocks con este método es caro y presenta dificultades técnicas. La interpretación de los datos es asimismo difícil, debido a que no se entienden bien los procesos que rigen la composición elemental de las partes duras.

En colaboración con científicos de la Universidad de Washington, la CIAT realizó un estudio de un método alternativo de detectar marcas naturales en los otolitos de los atunes. El método investigado, que usa un detector de rayos X dispersores de energía unido a un microscopio electrónico de barrida, no destruye la muestra, y es por lo tanto adecuado para el estudio de la composición elemental en distintas etapas del crecimiento del pez. La técnica es barata, y ha dado bastante éxito con otras especies de peces. Tras unos experimentos preliminares con aletas amarillas, se realizó un estudio de los microconstituyentes del barrilete, usando otolitos de peces de varias tallas capturados frente a Baja California, Hawaii, y Fiji. Se encontraron concentraciones de estroncio y calcio en distribuciones regulares en los peces de todas las áreas. Estas distribuciones coincidieron con zonas específicas del otolito asociadas con el crecimiento temprano (foco), de media vida (región media), y más reciente (extremo exterior).

Análisis de función discriminante de las concentraciones elementales en la zona de crecimiento temprano señalaron (1) que los peces de Baja California y Hawaii eran similares y (2) que los peces de Fiji eran diferentes de los de Baja California y Hawaii. Los resultados de los peces de Baja California y Hawaii pueden ser interpretados de dos maneras. Los peces podrían haber (1) originado todos en el mismo área de desove o (2) originado en distintas áreas, pero el método no tiene la potencia necesaria para distinguir las diferencias que pudieran existir. Un aumento en el tamaño de la muestra mejoraría la probabilidad de detectar diferencias entre las dos áreas, si es que existen. Los resultados generales son consistentes con aquellos obtenidos de otros estudios, que han demostrado similitudes entre peces del Pacífico oriental y central y diferencias entre estos peces y aquellos del Pacífico occidental.

Se investigó el reclutamiento de barrilete en el OPO y cerca de Hawaii, usando datos de frecuencia de talla de peces capturados en esas áreas. Se desarrollaron modelos para examinar la variación temporal en el reclutamiento entre áreas a una talla estándar. Se compararon peces de Hawaii y del norte y del sur del OPO (al norte y al sur de 10°N) a fin de determinar si fueron criados al mismo tiempo. Los resultados indican que el desove que contribuye a la pesquería del sur del OPO ocurre de 1 a 2 meses antes de aquel que contribuye a la pesquería del norte del OPO y de 5 a 6 meses antes de aquel que contribuye a la pesquería de Hawaii. Se sabe que el barrilete desova en períodos de varios meses, y hasta durante el año entero en algunas áreas, y por lo tanto las distribuciones aquí observadas sugieren por lo menos dos hipótesis sobre la estructura de la población de barrilete en el OPO y Hawaii. La hipótesis de poblaciones separadas mantiene que los barriletes en estas tres áreas desovan en distintas épocas del año y no se mezclan extensivamente en otras épocas. Las hipótesis panmícticas afirman que el barrilete capturado en estas áreas resultan de un desplazamiento de norte a sur de una sola población que desova durante un período extendido. Los resultados de estudios de los desplazamientos de peces marcados, genéticos, y de microconstituyentes de otolitos apoyan esta segunda hipótesis.

### ***Abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura***

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, Nº 6, se publicó un examen de los efectos de las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura del barrilete en el OPO. En uno de estos estudios se analiza la relación entre la abundancia aparente de barrilete en su segundo año de vida en el OPO y (1) el promedio de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en la parte del Océano Pacífico comprendida entre 135°W y 180°W con TSM superiores a los 27.8°C (82°F); y (2) el índice de mezcla por viento (el cubo de la velocidad promedio del viento, aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano) en esa zona.

Se efectuó el primer análisis en vista de la alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de larvas de barrilete capturadas en redes de zooplanktón de arrastre, lo cual permite pensar que puede ocurrir un mayor desove o supervivencia de huevos y/o larvas en los años más cálidos. El segundo análisis se realizó porque es posible que la supervivencia de las larvas de barrilete dependa del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Investigaciones realizadas en el Southwest Fisheries Science Center del NMFS en La Jolla indican que en la Corriente de California el alimento apto para las larvas de anchoa en sus primeras alimentaciones suele concentrarse en grupos y estratos bien definidos. La mezcla deshace los estratos y dispersa los organismos alimenticios, de modo que muchas de las larvas no pueden obtener alimento suficiente para sobrevivir. Aparentemente, las generaciones fuertes de anchoas (*Engraulis mordax*) adultas están asociadas con vientos débiles durante la etapa larval, y *viceversa*, y se creyó que pudiera ocurrir lo mismo en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. Se descubrió una correlación significativa entre la abundancia del barrilete y la TSM, y una correlación altamente significativa entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable del 46% de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en el OPO en su segundo año de vida.

Se han realizado además investigaciones para determinar si existe una relación entre la abundancia aparente del barrilete en el OPO en su segundo año de vida y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte, que fluye hacia el este. Si los barriletes usan esta corriente en sus migraciones, se esperaría que la cantidad de peces jóvenes transportados al OPO sería mayor cuando la corriente es más fuerte y menor cuando es más débil. Sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la abundancia del barrilete y los índices de la velocidad de la corriente.

En general, los resultados obtenidos por los investigadores de la CIAT, en sus intentos por relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, indican que esta relación es compleja y sutil. Parte del problema podría quizás ser resuelto si se pudieran realizar estudios biológicos y estadísticos de toda la unidad (o de todas las unidades si hay más de una) de la población que contribuye a la pesquería en el OPO, en lugar de analizar tan sólo la parte que habita el OPO durante parte de su ciclo vital. Se cuenta con datos utilizables sobre la captura, el esfuerzo y la CPUE para tan sólo algunas partes de la unidad (o unidades) de la población del Pacífico. Separar las capturas de peces provenientes de aquella unidad (o unidades) de población que contribuye(n) a la pesquería del OPO de aquella(s) que no contribuye(n) constituye un problema adicional.

### ***Evaluación del stock***

#### ***Modelos con estructura de edades***

Anteriormente en este informe se analizó el concepto de rendimiento por recluta aplicado a modelos con estructura de edades para el aleta amarilla. Sin embargo, las poblaciones de barrilete y aleta amarilla del OPO son algo diferentes. El agotamiento natural del aleta amarilla se debe solamente a la mortalidad natural, mientras que aquel del barrilete se debe también a la emigración al Pacífico central y occidental. A partir de los datos de frecuencia de talla y del marcado, se calcula que la tasa anual combinada de mortalidad natural y emigración del barrilete es de aproximadamente 75 a 90%, en comparación con el 55% de la mortalidad natural del aleta amarilla.

Se han usado los datos de frecuencia de talla y de devolución de marcas para estimar la tasa de crecimiento del barrilete. Es mucho más difícil seguir la progresión de los grupos modales para esta especie que para el aleta amarilla, ya que las tallas modales varían tan erráticamente de un mes a otro. El reclutamiento del Pacífico central y la emigración en la dirección contraria son evidentemente las causas principales de este fenómeno, pero parece también que la vulnerabilidad de grupos de peces de distintas tallas varía considerablemente de mes a mes en el OPO. Los datos del marcado son también útiles en este respecto, aunque su valor se ve limitado por el hecho de que la mayoría de los peces recapturados permanecieron poco tiempo en libertad. Dos estudios recién completados (Boletines de la CIAT, Vol. 19, Nos. 4 y 6) proporcionan estimaciones de las tasas de crecimiento lineal y de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, y éstas están probando ser útiles en los estudios de modelos con estructura de edades.

En la Figura 69 se presentan los rendimientos por recluta para el barrilete correspondientes a varias combinaciones de agotamiento natural (la mortalidad natural más la emigración), esfuerzo de pesca, y talla de ingreso. Para obtener los cálculos que forman la base de esta figura se integraron las estimaciones de los investigadores de la CIAT de la mortalidad por pesca específica para cada edad durante 1986-1987, el crecimiento, y el agotamiento natural. Las fuentes de los datos sobre crecimiento en peso son las siguientes:

Cálculo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en talla	24 cm/año	Boletín de la CIAT: Vol. 19, Nº 6
Relación peso-talla	$\log w = 3.336 \log l - 8.250$	Boletín de la CIAT: Vol. 4, Nº 2

Se usaron tasas anuales instantáneas de agotamiento natural de 1.5 (un 78%) y 2.0 (un 86%). Los valores en la escala horizontal son los múltiplos del esfuerzo de pesca, es decir, 0.5, 1.0, y 2.0 representan valores de esfuerzo equivalentes a la mitad de, igual a, y el doble de los valores reales de esfuerzo de 1986-1987. Distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y talla de ingreso rinden rendimientos por recluta distintos, indicados por líneas curvas. Por ejemplo, si se fija la talla de ingreso en 40 cm (unos 1.2 kg/2.7 libras) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es aproximadamente 0.72 kg (1.58 libras) en el recuadro superior y 0.39 kg (0.85 libras) en el inferior. En el recuadro superior se produciría el rendimiento por recluta máximo con una talla de ingreso de unos 40 cm con un multiplicador de 1, y de unos 48 cm con un multiplicador de 2 a 3. En el recuadro inferior son máximos los rendimientos por recluta a una talla de ingreso de 30 cm o menos. En general, sería necesario un esfuerzo de pesca mucho mayor al actual o una edad de ingreso mucho menor que la actual para reducir el rendimiento por recluta. Esto se debe a que la pérdida en el peso total de una cohorte de peces por mortalidad natural y emigración excede su incremento por crecimiento, aún cuando los peces midan menos de 50 cm y estén supuestamente creciendo con rapidez.

### ***Modelos de producción***

Anteriormente en este informe se describieron los modelos de producción, basados en índices de abundancia de los peces, en relación al aleta amarilla. Se señaló que los modelos de este tipo no tienen validez a menos que los peces pertenezcan a una población diferenciada, es decir una en la cual haya relativamente poco intercambio entre los peces que habitan la zona estudiada (en este caso, el OPO) y aquellos de otras zonas en las que se explota la especie en cuestión, o que los índices de intercambio entre las subpoblaciones sean conocidos. No se satisface ninguno de estos requisitos, ya que el mercado ha demostrado que existe intercambio de peces del Océano Pacífico oriental, central, y occidental (Figura 70), pero se ignoran las tasas de intercambio. La mayor parte de la captura de barrilete en el OPO es realizada bastante cerca de la costa, y aparentemente la mayor parte de esta captura proviene de los desoves en el Pacífico central y/o occidental, desoves que posiblemente también abastezcan a las regiones de alta mar del OPO y el Pacífico central y occidental. En consecuencia, es posible que la captura en el OPO esté determinada por la abundancia de juveniles nacidos en el Pacífico central y/o occidental, o por la porción de los juveniles en esa zona o zonas que migran al OPO. A falta de una definición de la población explotada, el modelado de producción tiene poco o hasta ningún valor para el barrilete pescado en el OPO.

### ***Consideraciones para 1993***

El modelo de rendimiento por recluta no señala que sea necesario controlar la pesca del barrilete. Con un valor de agotamiento natural de 2.0, este modelo indica que se puede obtener el rendimiento por recluta máximo del barrilete adolescente del OPO mediante la pesca intensiva de ejemplares de más de 30 cm. Aunque podría pensarse que esto reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, los conocimientos actuales sobre el desove y la estructura de la población indican que es poco probable que así suceda.

Se puede afirmar con bastante seguridad que el barrilete ha sido subexplotado en el OPO, y que esta situación no cambiará en el futuro inmediato. No obstante, es importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el ambiente, en particular por las dos razones siguientes. En primer lugar, es posible que estos conocimientos permitan pronosticar, con varios meses de anticipación, la abundancia de barrilete en el OPO, lo cual sería muy valioso para la industria pesquera. En segundo lugar, es posible que un conocimiento de las condiciones

ambientales favorables para la existencia del barrilete, junto con una comprensión de los procesos dinámicos del océano, permita pronosticar dónde y cuándo existe mayor probabilidad de capturar barrilete, lo cual aumentaría la eficacia de la flota pesquera.

### ALETA AZUL DEL NORTE

El aleta azul del norte ocurre en el Océano Atlántico y en el Pacífico. Las capturas mundiales y del Pacífico son mucho menores que las de barrilete, aleta amarilla, patudo, y albacora; sin embargo, la pesquería es de valor económico considerable. En la Tabla 27 se presentan las capturas anuales de atún aleta azul en el Océano Pacífico durante el período de 1951-1992. Las artes de superficie son responsables de la mayoría de las capturas tanto en el Océano Pacífico oriental (OPO) como en el occidental. Las capturas en el Pacífico occidental fueron bien superiores al promedio durante 1978-1983 y medias durante 1984-1992, con la excepción de 1989 y 1990, cuando fueron bien inferiores al promedio; las del OPO fueron inferiores al promedio durante 1980-1984, medias en 1985 y 1986, e inferiores al promedio durante 1987-1992.

En el OPO casi toda la captura es lograda por barcos cerqueros que pescan relativamente cerca de la costa de Alta y Baja California. La temporada de pesca se extiende típicamente desde mayo hasta octubre, aunque se efectúan capturas esporádicas también en otros meses. La captura en 1992, unas 1,973 toneladas, fue la más grande desde 1986, pero todavía bien inferior al promedio. Durante 1992 se capturaron aletas azules solamente entre 30°N y 34°N y solamente durante julio-octubre.

El personal de la CIAT estudia el atún aleta azul a modesta escala desde 1958, cuando se liberaron 122 aletas azules marcados cerca de la Isla Guadalupe, México. Antes de 1979 el trabajo consistió principalmente en recopilar datos de bitácora y medir muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el OPO para estimar la composición de talla, pero a partir de ese año se intensificaron los estudios. En 1979 se preparó un análisis de los datos referentes a la evaluación de los stocks de esta especie (Informe Interno 12 de la CIAT). Asimismo, en 1982 los datos sobre la captura de superficie de aleta azul en el OPO por área, fecha, clase de arqueo, tamaño del cardumen, tipo del mismo, *etc.*, fueron recopilados, analizados, y publicados en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, N° 2. Un investigador del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) (ahora el National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF)) en Shimizu (Japón) trabajó en la oficina principal de la CIAT desde septiembre de 1988 hasta enero de 1989, colaborando con científicos de la Comisión en estudios del aleta azul. Algunos de los resultados de estos estudios fueron publicados en 1991 en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1. Se completó durante 1992 un estudio del crecimiento y la composición por edad de aletas azules en el Océano Pacífico oriental, determinados a partir de datos de frecuencia de talla. Recientemente han tenido lugar dos talleres sobre la evaluación del atún aleta azul. El primero, celebrado en 1985 en Shimizu, Japón, y que incluyó científicos del NRIFSF y la CIAT, se dedicó exclusivamente al aleta azul del norte en el Océano Pacífico. En mayo de 1990 se celebró en La Jolla, California, un segundo taller, patrocinado conjuntamente por la CIAT y el Australian Fisheries Service, con científicos de varias partes del mundo. Se discutieron en este taller los stocks de aletas azules de los Océanos Pacífico, Índico, y Atlántico, y el Mar Mediterráneo. Las actas del taller fueron publicadas como el Informe Especial N° 7 de la CIAT.

En la Figura 19 se presentan histogramas de la frecuencia de talla del aleta azul capturado en el OPO en 1987-1992. Entre octubre y diciembre de 1988 y 1989 se capturaron peces de tamaño excepcionalmente grande, de entre 105 y 460 kg (230 y 1010 libras). El peso total de estas capturas no fue muy grande, pero los peces poseían gran valor económico, ya que inme-

atamente después de su captura fueron transportados por avión al Japón, donde se pagan precios muy altos por aleta azul fresco.

Aletas azules fueron marcados en el OPO en 1958 y 1979-1980 por la CIAT y en 1962-1968 por el Bureau of Commercial Fisheries (ahora el National Marine Fisheries Service) de los Estados Unidos, el California Department of Fish and Game, y el Mission Bay Research Foundation. El marcado de aletas azules en el Pacífico occidental fue realizado por científicos de la CIAT en visitas intermitentes al Japón en 1980-1982 y por el FSFRL entre 1980 y 1988. En las Tablas 28 y 29 se resumen los datos de liberación y recaptura, y en el Boletín de la CIAT Vol. 20, N° 1, se comentan los resultados de los experimentos.

Análisis de los datos de los peces liberados y recapturados en el OPO indican desplazamientos estacionales de norte a sur, alcanzando los peces su punto más sureño en mayo y junio y más norteño durante julio-octubre. Han sido devueltas las marcas de diez peces liberados en el OPO y recapturados en el Pacífico occidental, todos de los cuales permanecieron más de 22 meses en libertad.

Los peces marcados y liberados en el Pacífico occidental, al igual que aquellos en el OPO, solían desplazarse hacia el norte en la primavera y verano y hacia el sur en el otoño e invierno. Las migraciones del Pacífico occidental al oriental son de interés especial. Algunas clases anuales, por ejemplo aquellas de 1983 y 1984, produjeron grandes cantidades de migrantes, y otras no. Las mejores capturas de la década de los 80 en el OPO fueron logradas en 1985 y 1986, y consistieron principalmente de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984. (En el presente informe se refiere a los peces en su primer año de vida como de 0 años de edad o de edad 0, aquellos en su segundo año de vida como de 1 año de edad o de edad 1, y así sucesivamente.)

### ***El ciclo vital y la relación entre peces del Pacífico occidental y oriental***

La información presentada en esta sección es fundamental a la comprensión de la sección siguiente sobre la evaluación del stock.

La única zona del Océano Pacífico donde se sabe que ocurre el desove del aleta azul es en las inmediaciones del Japón. Ocurre durante la primavera y el verano, pero por mayor sencillez se supone en esta sección que los peces son criados el 1 de enero. Aparentemente, algunos peces permanecen toda su vida en el Pacífico occidental. Otros migran al OPO, principalmente o quizás exclusivamente durante el primer o segundo año de vida. Los que se desplazan durante el primer año se encuentran expuestos a la pesca de arrastre (sedal con anzuelo y cebo) veraniega y otoñal dirigida hacia atunes aleta azul pequeños y otras especies frente al Japón antes de empezar su viaje al OPO en el otoño o invierno. Los que se desplazan en el segundo año de vida se encuentran además expuestos a la pesca de arrastre invernal y demás formas de pesca que se practican en las inmediaciones del Japón, antes de comenzar su viaje al OPO en la primavera, el verano, o el otoño. Después de atravesar el océano, los peces migrantes son pescados por barcos cerqueros frente a Alta y Baja California. Eventualmente, regresan al Pacífico occidental.

Las capturas de aletas azules en el OPO consisten principalmente de peces de 1 y 2 años de edad. Las capturas de peces de 2 años de edad en el OPO superan las del Pacífico occidental en la mayoría de los años, mientras que para peces de 3 años de edad ocurre lo contrario (Tabla 15). Esto indica probablemente que la población de peces de 2 años de edad es mayor en el OPO y aquella de peces de 3 años de edad es mayor en el Pacífico occidental, aunque es posible que diferencias relacionadas con la talla y/o edad en el esfuerzo pesquero y/o vulnerabilidad a la captura sean responsables de las diferencias en las capturas. Estudios de datos estadísticos, frecuencia de talla, y del marcado han dado lugar a los siguientes postulados para la migración de peces entre el Pacífico oriental (OPO) y occidental (WPO):

1. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en el año  $i$ , principalmente durante junio o julio, y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año  $i + 1$  o a los 3 años de edad a principios del año  $i + 2$ ;
2. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en el año  $i$ , principalmente durante junio o julio, y emprenden su viaje de regreso al WPO a 1 año de edad hacia fines del año  $i$  o a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$ ;
3. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$  y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año  $i + 1$  o a los 3 años de edad a principios del año  $i + 2$ ;
4. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad a principios del año  $i$  y emprenden su viaje de regreso como peces mayores;
5. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$  y emprenden su viaje de regreso como peces mayores;
6. Los peces llegan en el OPO a edades mayores de 2 años y subsecuentemente regresan al WPO;
7. Los peces no migran al OPO en absoluto.

El Postulado 7 es probablemente valedero para la mayoría de los peces de algunas clases anuales. Esto podría explicar por lo menos parcialmente las capturas reducidas de aletas azules en el OPO durante los años 80 y principios de los 90. Una octava posibilidad sería una combinación de los Postulados 1, 2, 3, 4, ó 5 con el 6, es decir, los peces migran más de una vez del Pacífico occidental al OPO.

Estas hipótesis no consideran la posibilidad de que algunos peces empiecen migraciones transpacíficas pero que se vuelvan antes de llegar a su destino. El hecho de que los aletas azules casi desaparecen del OPO en el invierno y la primavera temprana podría indicar que estos peces ocupan áreas fuera del alcance de la pesquería de superficie durante este período. Serán necesarios bastantes más datos del Océano Pacífico central para poder establecer si ocurre ésto y, de ser así, en cuál grado.

### ***Evaluación del stock***

Las escasas capturas de aleta azul en el Pacífico oriental y occidental en algunos años preocupa a los investigadores de la CIAT, y se está prestando especial atención a las escasas capturas en el OPO durante 1980-1984 y 1987-1992.

### ***Causas posibles de las escasas capturas recientes de aleta azul en el Océano Pacífico oriental***

Las capturas de aleta azul inferiores al promedio en el OPO en años recientes podrían ser debidas a (1) una disminución en el reclutamiento, (2) una reducción en la abundancia total de peces de talla mayor a los 60 cm causada por la sobreexplotación de peces durante su primer año de vida frente al Japón, (3) una reducción del esfuerzo de pesca en el OPO, (4) una disminución en la vulnerabilidad a la captura de aquellos peces que migraron al OPO, y/o (5) una reducción en la disponibilidad del aleta azul en el OPO (es decir, una reducción en la proporción de la población que migró al OPO o una estadía más corta en dicha zona de aquellos peces que sí migraron).

Con respecto a las primeras y segundas posibilidades, datos compilados por el NRIFSF sobre la composición por edad de la captura de aletas azules lograda por barcos japoneses durante 1966-1986 (Tabla 15) indican que no ha ocurrido una reducción en las capturas de peces de edad 0, lo cual parece eliminar la primera posibilidad, ni tampoco un aumento en la proporción de peces de edad 0 a la de peces mayores, lo cual parece eliminar la segunda hipótesis.

En cuanto a la tercera posibilidad, a partir de fines de los años 70 se ha ido reduciendo el número de barcos cerqueros menores, que anteriormente habían sido responsables de la mayoría de las capturas de aletas azules en el OPO. En la sección del presente informe titulada ***Estudios del aleta azul***, se concluye que la reducción en el esfuerzo es parcialmente, pero no totalmente, responsable de las capturas reducidas en el OPO.

En cuanto a la cuarta posibilidad, la distribución del aleta azul en el OPO parece haber cambiado en este siglo. Antes de 1930 eran capturados solamente frente a Alta California, aunque probablemente eran capturados frente a Baja California también. Entre 1930 y 1947 fueron capturados frente a Alta y Baja California, pero en la mayoría de los años las capturas frente a Alta California fueron mayores. Desde 1948 se ha logrado la mayoría de la captura frente a Baja California. Los pescadores basados en los Estados Unidos parecen dirigir una mayor proporción de su esfuerzo de pesca hacia el aleta azul que aquellos basados en México, y por lo tanto el cambio en la distribución parece haber reducido la vulnerabilidad de la especie a la captura. Sin embargo, el cambio tuvo lugar mucho antes de la década de los 80, por lo cual no parece que sea la causa de las capturas pobres en esa década.

En cuanto a la quinta posibilidad, los datos de marcado y de composición por edad proporcionan información útil. En la Tabla 29 se puede ver que solamente la clase anual de 1981 contribuyó cantidades significativas de devoluciones de marcas a la pesquería del OPO durante el Año 1. También se puede ver que en el caso del Año 2, casi la mitad de las devoluciones de la clase anual de 1979 y más que la mitad de aquellas de las clases anuales de 1983 y 1984 provinieron de peces capturados en el OPO. Esta información sugiere que la proporción de peces de 1 año de edad que migraron al OPO fue mayor para la clase anual de 1981 y que las proporciones de peces de 2 años de edad que migraron al OPO fueron mayores para las clases anuales de 1983 y 1984, intermedias para la clase anual de 1979, y menores para las clases anuales de 1980, 1981, 1982, y 1985.

Una gran proporción de la captura de aleta azul en el OPO en 1982 consistió de peces de 1 año de edad. Este es consistente con la evidencia del marcado (Tabla 29) que una gran proporción de los peces de la clase anual de 1981 apareció en el OPO como peces de 1 año de edad en 1982. Sin embargo, la captura de aleta azul del norte en el OPO fue pobre, posiblemente debido a que los peces de la clase anual de 1981 experimentaron muchas mortalidades en el OPO en 1982, o a que la mayoría de ellos empezó su viaje de regreso al Pacífico occidental antes del comienzo de la temporada de 1983.

Las mayores capturas de aleta azul en el OPO en años recientes fueron aquellas de 1985 y 1986 (Tabla 27), y consistieron principalmente de peces de 2 años de edad, es decir, peces de la clase anual de 1983 en 1985 y de la clase anual de 1984 en 1986. Esto es consistente con la evidencia del marcado (Tabla 29) de que grandes proporciones de los peces de las clases anuales de 1983 y 1984 aparecieron en el OPO como peces de 2 años de edad en 1985 y 1986.

Si fuera cierto que los peces marcados en el OPO en años recientes fueron seleccionados al azar, entonces se concluiría que proporciones mayores de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984 migraron al OPO, y que esto resultó en capturas mayores de aleta azul en el OPO en 1985 y 1986. Sin embargo, es posible que existan subpoblaciones separadas migratorias y no migratorias, y que proporciones mayores de la subpoblación migratoria fueran seleccionadas para el marcado durante el primer año de vida de las clases anuales de 1979, 1981, 1983, y 1984. Por lo tanto, la proporción relativamente alta de devoluciones de marcas del OPO de la clase anual de 1979, a pesar de que la captura en el OPO en 1981 fue pobre, quizás sea el resultado de una concentración alta de esfuerzo de marcado en una subpoblación relativamente pequeña de migrantes. Esta posibilidad ha sido evaluada mediante la examinación de datos



sobre migraciones de peces marcados de 1 y 2 años de edad liberados en distintos lugares en el Pacífico occidental durante distintos meses (Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1: Tabla 7). Generalmente, la proporción de migrantes solía ser aproximadamente igual para peces de las mismas clases anuales liberados en distintos estratos de área-tiempo, y estos datos por lo tanto no brindan mucho apoyo a la hipótesis de subpoblaciones. Indican que para peces de 1 año de edad la tendencia a migrar al OPO fue fuerte para la clase anual de 1981 y mucho más débil para las demás, y que para los peces de 2 años de edad la tendencia a migrar fue más fuerte para los peces de las clases anuales de 1983 y 1984, intermedia para aquellos de la clase anual de 1979, y más débil para las clases anuales de 1980-1982 y 1985.

Datos de la composición por edad (Tabla 15) proporcionan información adicional pertinente a la quinta posibilidad. Se calcularon coeficientes de correlación para 12 parejas de datos (Tabla 30, recuadro superior) de la Tabla 15. Cinco de las 12 pruebas fueron significativas al nivel de 5%. El número de peces de edad 2 en el Pacífico oriental y occidental está correlacionado negativamente (Prueba 6), lo cual indica que las capturas pobres en el OPO podrían ser debidas, al menos parcialmente, a que una proporción de la población total inferior a la normal migró del Pacífico occidental al oriental. Las capturas de peces de edad 1 y 2 en el OPO están correlacionadas positivamente (Prueba 7), lo cual indica que la captura de peces de edad 2 en el OPO puede ser predicha, aunque no muy bien, a partir de la captura de peces de edad 1 en el OPO un año antes. Las capturas de peces de edad 0 y 1 en el Pacífico occidental están altamente correlacionadas (Prueba 8), lo cual indica que la captura de peces de edad 1 en el Pacífico occidental puede ser predicha a partir de la captura de peces de edad 0 en ese área un año antes.

La Prueba 11 arrojó un valor de  $r$  significativo al nivel de 1%, resultado no sorprendente dado que se obtuvo un valor de  $r$  aun más alto de la Prueba 8. Se obtuvo de la Prueba 12 un valor de  $r$  significativo al nivel de 5%; ésto tampoco es sorprendente dado que se obtuvo de la Prueba 2 un valor casi significativo.

El coeficiente de correlación de las capturas de peces de edad 0 en el Pacífico occidental y las capturas de peces de edad 2 en el OPO dos años después es 0.442 (Tabla 30, Prueba 2). A pesar de que esta relación no es significativa al nivel de 5%, es posible que indique que la captura de peces de edad 2 en el OPO esté vinculada al reclutamiento de dos años antes, suponiendo que la captura de peces de edad 0 en el Pacífico occidental sea un índice válido del reclutamiento. Ya que la captura de peces de edad 2 en el OPO parece estar relacionada con el reclutamiento de dos años antes (Prueba 2) y la captura de peces de edad 2 en el Pacífico occidental en el mismo año (Prueba 6), se calculó un coeficiente de correlación múltiple (Prueba 13). El coeficiente de determinación múltiple resultante fue altamente significativo, indicando que un 55.6% ( $0.746^2 \times 100$ ) de la variación de las capturas de peces de edad 2 en el OPO es explicado por (1) una relación positiva al reclutamiento en el Pacífico occidental y (2) una relación negativa a la captura de peces de edad 2 en el Pacífico occidental. Ya que la mayor parte de la captura en peso del OPO en la mayoría de los años consiste de peces de edad 2, el reclutamiento de dos años antes y la emigración del Pacífico occidental parecen ejercer influencias importantes sobre las capturas totales en el OPO.

En general, los resultados del análisis de edad de captura tienden a apoyar la conclusión tentativa de los estudios de datos de marcado que las variaciones en las porciones de peces que migran del Pacífico occidental al OPO son por lo menos parcialmente responsables de las variaciones en las capturas en el OPO.

#### ***Análisis del rendimiento por recluta***

Se han llevado a cabo dos análisis del rendimiento por recluta, uno usando los datos en la Tabla 31 y el otro usando datos de mortalidad provenientes de un análisis de cohortes.

En el primer análisis del rendimiento por recluta se usaron los siguientes supuestos: (1) los peces son criados el 16 de mayo; (2) son reclutados a la pesquería el 1 de julio del mismo año a una talla de 15 cm; (3) alcanzan una talla de 223 cm al cumplir los 15 años, en cual momento desaparecen de la pesquería. El valor de 223 cm se basa en una estimación de la talla asintótica publicada en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, Tabla 5. Se fijó el coeficiente anual de mortalidad natural en 0.2 y 0.3 y los coeficientes anuales de mortalidad por pesca en 1.0 para períodos de capturas importantes, 0.0 para períodos de capturas nulas o muy bajas, y 0.5 para períodos de transición (Tabla 31). Se supuso que los peces comienzan una migración de oeste a este en su primer año de vida y luego una de este a oeste en su tercer año (Opción 1), o sino que comienzan una migración de oeste a este en su segundo año de vida y luego una de este a oeste en su tercer año (Opción 2). En la Figura 71 se presentan gráficos que demuestran los rendimientos por recluta obtenibles con distintas edades de ingreso a la pesquería, y con tres multiplicadores del vector de esfuerzo de pesca. Ya que los valores de mortalidad natural y por pesca, y especialmente el segundo, son esencialmente conjeturas, no se deberían tomar literalmente los resultados de estos análisis. No obstante, parece que un aumento de la edad de ingreso a la pesquería a unos 2.5 años (90-100 cm) aumentaría a más del doble el rendimiento total (es decir, las capturas en el Pacífico occidental y oriental) de los peces que migran al OPO.

En el segundo análisis del rendimiento por recluta se usaron los mismos supuestos que en el primer análisis, excepto que se supuso que los peces desaparecen de la pesquería al fin (31 de diciembre) de su oncenno año en la pesquería (10 años y medio después del reclutamiento). Son necesarios datos de las capturas de cada trimestre para los análisis de cohortes, y por lo tanto las capturas anuales de peces capturados entre 1956 y 1987 fueron multiplicadas por los siguientes valores para estimar las capturas por trimestre:

año de cría, WPO, primer y segundo trimestre - 0.0, tercer trimestre - 0.8, cuarto trimestre - 0.2;

años subsecuentes al año de cría, WPO, primer trimestre - 0.1, segundo trimestre - 0.3, tercer trimestre - 0.5, cuarto trimestre 0.1;

años subsecuentes al año de cría, OPO, primer trimestre - 0.0, segundo trimestre - 0.1, tercer trimestre, 0.7, cuarto trimestre - 0.2.

No se hicieron supuestos en cuanto a las migraciones de este a oeste, y los resultados reflejan por lo tanto las capturas logradas en el Pacífico occidental y el OPO (y las capturas no logradas mientras los peces estaban migrando de un lado del océano al otro) entre 1956 y 1987. En la Tabla 32 se presentan las tasas de mortalidad obtenidas con los análisis de cohortes. Cabe destacar que las tasas son mayores durante los años 0 y 1. En la Figura 72 se presentan gráficos de los rendimientos por recluta posibles con distintas edades de ingreso a la pesquería. Los resultados de estos análisis son similares a aquellos obtenidos con los análisis previos, los cuales indican que se podría aumentar a más del doble los rendimientos por recluta si se aumentara la edad de ingreso a la pesquería.

### **Investigaciones futuras**

La información arriba presentada sugiere varios tipos de investigación que se deberían llevar a cabo.

En primer lugar, se debería recopilar para análisis toda la información disponible sobre las capturas de aletas azules por área, período, y talla, y sobre el esfuerzo de pesca ejercido para capturarlos. Se debería enfocar el análisis en los peces de 2-4 años de edad, particularmente los *meji* (atunes, bonitos, caballas, etc. pequeños mezclados). Un científico del NRIFS usó datos de las proporciones de aletas azules, aletas amarillas, y patudos mayores capturados para estimar

las proporciones de estas especies en las capturas de *meji* durante 1966-1986. Aunque las estimaciones obtenidas de ese análisis son útiles, un muestreo de las capturas de *meji* para determinar la composición por especie produciría probablemente estimaciones mejores. Se descarga el *meji* en muchos puertos, pero es posible que datos tomados en algunos puertos principales a intervalos de aproximadamente una semana entre julio y septiembre producirían estimaciones razonables de la composición por especie del *meji*. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la información sobre las capturas de peces mayores. Los datos de las capturas palangreras de aleta azul ya han probado ser útiles en estudios de la migración de esta especie (Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 5, página 328), ya que la pesquería palangrera faena en áreas donde no se capturan atunes con arte de superficie. Es posible que datos de captura por unidad de esfuerzo calculados a partir de la información colectada sirvan como índices insesgados, o casi insesgados, de la abundancia del aleta azul en el Pacífico occidental y oriental. Para la evaluación del aleta azul en el Océano Pacífico se han usado principalmente datos de captura como índices de abundancia, pero estos índices no son confiables. La información sería usada también en estudios de la variabilidad en las migraciones y los efectos de condiciones oceanográficas sobre las migraciones, descritos a continuación. Un científico del NRIFS calculó recientemente la estructura de edad de las capturas de aletas azules por barcos japoneses en el Océano Pacífico durante 1966-1986, y un informe por un científico de la CIAT sobre el crecimiento y composición por edad de las capturas de aleta azul en el OPO durante 1952-1991 será publicado en un futuro cercano. Estos trabajos han contribuido substancialmente a la evaluación del aleta azul en el Pacífico, pero se necesita continuar las investigaciones.

Se deberían llevar a cabo investigaciones para determinar dónde y cuándo empiezan y terminan las migraciones transpacíficas, cuáles porciones de la población migran, y porqué estas porciones varían entre años. Se podrían recopilar datos de la CPUE de peces de los distintos grupos de edad, particularmente los más jóvenes, en el mayor número de áreas posible y a intervalos frecuentes a lo largo del año, a fin de detectar desplazamientos de los peces. Los datos del Pacífico occidental serían de importancia particular, ya que las migraciones altamente variables al este empiezan en ese área. Los datos del Pacífico central serían también de importancia fundamental, ya éstos quizás permitan determinar si algunos de los peces que emprenden migraciones transpacíficas se vuelven antes de llegar a su destino original. Otra opción sería marcar los peces con marcas externas regulares en el Pacífico central o con marcas de archivo en el Pacífico occidental y oriental. Las marcas de archivo registran y almacenan continuamente datos de luz, temperatura, y presión, y cuando se recupera la marca se pueden examinar los datos para determinar dónde estuvo el pez a intervalos de tiempo frecuentes entre la fecha de liberación y la fecha de recaptura. (Desgraciadamente, las marcas de archivo no están disponibles comercialmente en este momento. Sin embargo, si se encargaran en suficiente cantidad podrían ser fabricadas. No han sido encargadas debido a que el costo de una marca ascendería probablemente a centenares de dólares.) Una tercer opción sería un análisis químico de los microconstituyentes de los otolitos del aleta azul. Esta opción se basa en que diferentes áreas oceánicas poseen características físicas, químicas, y biológicas diferentes que afectan la composición química de los otolitos. Por lo tanto, un análisis de los otolitos de un pez individual podría revelar cuales áreas oceánicas había ocupado en distintas etapas de su vida, y análisis de los otolitos de muestras de peces tomadas cada año en el Océano Pacífico occidental y oriental proporcionarían mucha más información sobre la migración transpacífica que el marcado con marcas convencionales.

Se deberían hacer esfuerzos por determinar cuáles condiciones oceanográficas influyen sobre la migración de peces del Pacífico occidental al oriental y *viceversa*. Además, si los estudios

arriba descritos indicaran que algunos de los peces se vuelven antes de completar una migración transpacífica, se deberían hacer esfuerzos por determinar cuáles condiciones oceanográficas podrían causar este comportamiento. Presuntamente estudios de este tipo serían realizados conjuntamente por oceanógrafos y biólogos del Japón y de la CIAT. El primer paso en un estudio tal sería recopilar datos de CPUE de peces de los distintos grupos de edad, particularmente los más jóvenes, en todas las áreas posibles y a intervalos frecuentes a lo largo del año. El segundo paso sería comparar datos oceanográficos y de los desplazamientos de los peces para ver cuáles estaban correlacionados. Finalmente, se procuraría determinar cuáles condiciones oceanográficas realmente afectan las migraciones de los peces.

Son asimismo importantes más estudios de la estructura de las poblaciones de aleta azul. Hace falta una investigación más a fondo de la conclusión tentativa de que existe una sola población principal, porciones variables de la cual migran al OPO en diferentes años (Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, página 87). Sería también de interés saber si los aletas azules criados en el Mar de Japón son genéticamente distintos de los que se crían al sur de Japón. Se podría obtener posiblemente mayor información de estudios genéticos bioquímicos.

## PATUDO

En la Tabla 33 se presentan datos sobre las capturas de patudo en el Océano Pacífico. Las capturas de esta especie en el Océano Pacífico oriental (OPO) logradas por todas artes en años recientes fueron muy parecidas a las de barrilete, pero marcadamente inferiores a las de aleta amarilla (Tabla 1). Se captura el patudo principalmente con palangre. Al principio de los años 50 se practicaba muy poca pesca con palangre en el OPO, y las capturas eran por consiguiente bajas. Sin embargo, a mediados de la misma década, barcos japoneses comenzaron a pescar en esta zona, y las capturas de patudo aumentaron, y por lo tanto los investigadores de la CIAT han prestado mayor atención a la especie. Entre 1963 y 1991 cinco científicos japoneses del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; antes el Far Seas Fisheries Research Laboratory) han venido a La Jolla a colaborar con científicos de la CIAT en estudios de la pesca palangrera japonesa del patudo y especies afines en el OPO.

Las capturas estimadas de patudo con artes de superficie en el OPO aumentaron hacia fines de los años 60 y en los 70, y disminuyeron a partir de 1981 (Tabla 33). El aumento en las capturas se debió evidentemente a dos factores. En primer lugar, en 1966-1979 regían reglamentaciones para el aleta amarilla, pero no para el patudo, lo cual pudo haber causado un aumento en las capturas reales, ya que los pescadores habrían preferido en algunos casos pescar esta especie y no el aleta amarilla. Simultáneamente, la pericia de los pescadores en capturar patudo probablemente mejoró. En segundo lugar, las estadísticas recopiladas a partir de mediados de los años 60 son más precisas. Se paga el mismo precio a los pescadores por el patudo y el aleta amarilla capturados con artes de superficie, y por lo tanto las capturas de patudo han sido registradas frecuentemente como capturas de aleta amarilla. No obstante, desde que se impusieron las reglamentaciones se registran con más frecuencia las dos especies por separado, y en las localidades donde no se hace así se ha aumentado la cobertura de descargas por empleados de la CIAT, quienes estiman las proporciones de las dos especies en descargas mixtas. Una investigación reciente (Informe Anual de la CIAT de 1991, páginas 212-213) indica que no se identificaron erróneamente los patudos como aletas amarillas durante el período de 1987 a 1989.

Los estudios de los investigadores de la CIAT sobre el patudo capturado por artes de superficie han consistido principalmente en (1) anotar y procesar los datos de captura y esfuerzo basados en los cuadernos de bitácora y la información sobre el peso descargado, (2) la toma de

datos de frecuencia de talla en las plantas enlatadoras, y (3) el análisis de estos datos. Además, durante el período 1959-1978 se marcaron 611 patudos capturados con artes de superficie, y se han recapturado 15 de éstos.

En la Figura 73 se presentan las distribuciones trimestrales de la captura de superficie de patudo en el OPO, promediadas para el período de 1981 a 1987. La información proviene de datos de bitácora recopilados por el personal de la CIAT. Las mayores capturas fueron logradas frente al norte de Sudamérica y en alta mar al oeste de América Central y del Sur. Durante el tercer trimestre se capturó patudo frente a Baja y Alta California.

En la Figura 20 se presentan datos de frecuencia de talla de patudos capturados por barcos cerqueros en el OPO entre 1987 y 1992 y medidos por empleados de la CIAT. Aproximadamente la mitad de la captura, por peso, consiste de peces de talla inferior a los 100 cm.

Los investigadores del NRIFSF y la CIAT terminaron recientemente un análisis de la pesca de superficie de patudo en el OPO. Se descubrió que existe una sobreposición considerable en las tallas de patudos capturados por la pesca palangrera y de superficie. Un 66% de la captura de patudo es obtenido en cardúmenes no asociados, un 27% en cardúmenes asociados con objetos flotantes, y el resto en cardúmenes asociados con ballenas, tiburones, y delfines. Durante el período de 1971 a 1991, el promedio de captura de patudo por lance positivo fue de 24 toneladas (22 y 28 toneladas, respectivamente, en cardúmenes no asociados y asociados con objetos flotantes). Se capturó un 75% del patudo capturado en cardúmenes puros (que no están mezclados con otras especies de importancia comercial) en cardúmenes no asociados, y un 29% en cardúmenes asociados con objetos flotantes.

En la Figura 74 se presentan las distribuciones de la captura de patudo por unidad de esfuerzo (CPUE; número de peces capturados por 100 anzuelos) lograda por palangreros japoneses en el OPO, promediadas para el período de 1981 a 1987. Las CPUE fueron elevadas en la mayor parte del OPO, excepto en el área al norte de 5°N y al este de 125°W. Las CPUE más elevadas fueron registradas (1) entre 120°W y el Ecuador desde 10°S hasta 5°N durante todo el año, (2) al nordeste de Hawaii entre 20°N y 33°N desde 122°W hasta 140°W durante el primer y cuarto trimestre, y (3) frente al sur del Perú y el norte de Chile entre 18°S y 25°S desde 80°W hasta 90°W durante el tercer y cuarto trimestre.

En la región ecuatorial del norte, entre la línea ecuatorial y 8°N, donde se ejerció un esfuerzo de pesca fuerte, las CPUE fueron relativamente bajas durante el segundo semestre del año, especialmente en la parte occidental de esta región. En cambio, en la región ecuatorial del sur, entre la línea ecuatorial y 15°S, fueron relativamente elevadas en la parte occidental de la región durante todo el año.

La distribución del esfuerzo no coincide bien con las áreas con las CPUE de patudo más elevadas, a pesar de que fue la especie más importante capturada por los palangreros japoneses. Por ejemplo, es aparente una fuerte concentración de esfuerzo en aguas ecuatoriales (8°N a 15°S y al oeste de 110°W), pero las CPUE de patudo en esta zona no fueron particularmente elevadas. Además, aunque las CPUE fueron bastante elevadas al nordeste de Hawaii y frente al sur del Perú y el norte de Chile, no se ejerció mucho esfuerzo en esas zonas. Puede ser que esto se deba a que en la región ecuatorial se pudo capturar el patudo durante todo el año y los peces fueron generalmente grandes, mientras que más al norte y más al sur la presencia del patudo fue más estacional, y los peces solían ser más pequeños.

Durante 1992 se completó un estudio usando modelos lineales generalizados para estandarizar las CPUE de patudo en el OPO (Boletín de la CIAT, Vol. 20, Nº 4). Se consideraron año, temporada, área, y profundidad de pesca, y se descubrió que todos ejercían un efecto significativo sobre la CPUE.

Se presentan en la Figura 76 los datos de frecuencia de talla del patudo capturado con palangre durante 1981-1987 en la zona delineada en la Figura 75. La mayoría de los peces capturados medían entre unos 90 y 170 cm. La composición de talla varía considerablemente de año a año. Las proporciones de peces más pequeños alcanzaron un máximo durante 1982 y 1986, y aquellas de peces más grandes durante 1983 y 1984.

En general, se usan dos métodos para analizar los efectos de la pesca sobre una población de peces: el modelo con estructura de edades, y el modelo de producción. Estos modelos son descritos en detalle en la sección del presente informe sobre el aleta amarilla.

### ***Evaluación del stock***

#### ***Modelos con estructura de edades***

El modelo de rendimiento por recluta (un tipo de modelo con estructura de edades) arroja información sobre el rendimiento por recluta esperado con distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y tallas de ingreso. El modelo se basa en datos sobre la talla a edad o el peso a edad y la mortalidad natural. Ambos, especialmente la mortalidad natural, son difíciles de estimar. Se calculó no obstante el rendimiento por recluta de patudo correspondiente a varias combinaciones de esfuerzo de pesca ( $F$ ) y talla de ingreso. Los datos sobre la talla a edad se obtuvieron con una ecuación de crecimiento de patudo presentada en el Boletín de la CIAT, Vol. 11, N° 2. Se usaron valores anuales experimentales del coeficiente de mortalidad natural ( $M$ ) de 0.4 y 0.6. El valor de 0.4 es aproximadamente igual a la estimación de 0.361 publicada en el Informe del Laboratorio Regional de Nankai de Investigaciones Pesqueras, N° 25, páginas 91-103. El valor de 0.6 es algo superior a la estimación de 0.477 derivada con el método descrito en el Journal du Conseil, Vol. 39, N° 2, páginas 175-192. En la Figura 77 se presentan los resultados, con tallas de ingreso de 40 cm (2 kg/4 libras), 60 cm (5 kg/12 libras), 90 cm (17 kg/38 libras), 120 cm (40 kg/87 libras), y 150 cm (76 kg/167 libras) y valores de  $F$  de 0.0 a 1.6. En ambos casos, el rendimiento por recluta fue mínimo con una talla de ingreso de 150 cm, así que se limitará la discusión a los otros cuatro valores, 40, 60, 90, y 120 cm. A partir de las Figuras 20 y 76, parece que la mayoría del patudo capturado con red de cerco y palangre es reclutado a una talla de unos 60 a 90 cm y 90 a 120 cm, respectivamente. Sin embargo, en 1980 y 1982-1984 se capturaron en la pesquería cerquera grandes cantidades de patudo de entre 40 y 60 cm. Con un valor de  $M$  de 0.4, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual para todas las tallas de ingreso con valores de  $F$  hasta 0.4. Con valores de  $F$  de 0.6 o más, el rendimiento por recluta es menor para una talla de ingreso de 40 cm, y con valores de  $F$  de 0.8 o más es menor para una talla de ingreso de 60 cm. Con un valor de  $M$  de 0.6, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual con todos los valores de  $F$  para tallas a ingreso de 60, 90 y 120 cm. Es asimismo aproximadamente igual para una talla de ingreso de 40 cm con valores de  $F$  hasta 0.6, pero con valores mayores de  $F$  el rendimiento por recluta es menor. En general, se obtienen los rendimientos por recluta mayores con tallas de ingreso intermedias (90 y 120 cm). Esto significa que la talla de ingreso promedio para la pesca de superficie es inferior a aquella que lograría un rendimiento por recluta máximo, y que aquella de la pesca palangrera es superior a esa talla. Sin embargo, se recalca que estas estimaciones se basan en datos inadecuados, así que son poco confiables.

#### ***Modelos de producción***

Los modelos de producción pueden ser aplicados solamente a peces de poblaciones separadas; en consecuencia, sólo se pueden usar para el patudo del OPO si hay relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de las zonas más al oeste. En la Tabla 34 se detallan los

movimientos de patudos marcados en el Océano Pacífico por varias organizaciones y que permanecieron en libertad durante períodos largos. Las distancias recorridas son inferiores a aquellas registradas para las otras especies de atunes de importancia comercial, pero no se debe exagerar el significado de este fenómeno, dada la escasez de las devoluciones.

En la Figura 78 se presentan los datos del esfuerzo, la captura, y la CPUE de 1954-1987 en la parte del OPO delineada en la Figura 75. Se escogió esta zona porque incluye las áreas principales de pesca de patudo, y se cree que la inclusión de datos de áreas con grandes cantidades de esfuerzo y pocas capturas de patudo ocultaría la posible relación entre el esfuerzo y la captura de patudo. En 1954-1960, el esfuerzo y la captura fueron bajos, y la CPUE elevada. De 1961 a 1964, el esfuerzo y la captura fueron muy superiores a los de 1954-1960. En 1961 la CPUE fue ligeramente inferior a 3 peces por 100 anzuelos, y en 1964 se redujo a menos de 1.5 peces por 100 anzuelos. De 1964 a 1985 el esfuerzo fluctuó entre 50 y 130 millones de anzuelos, y la captura entre 0.4 y 1.3 millones de peces, pero la CPUE permaneció aproximadamente constante, cerca de 1 pez por 100 anzuelos. El esfuerzo aumentó a unos 145 millones de anzuelos en 1986 y 170 millones en 1987, mientras que la CPUE permaneció alrededor de 1 pez por 100 anzuelos. Es normal que la CPUE disminuya al aumentar el esfuerzo, y una pequeña reducción no indica necesariamente una pesca excesiva (desde el punto de vista de reducir el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS), tal como se informa en la sección del presente informe que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla). Sin embargo, la reducción de la CPUE a menos de la mitad de lo que era cuando el esfuerzo era bajo podría señalar una reducción de la población a un nivel inferior a aquel necesario para producir el RPMS. No obstante, podría resultar significativo el hecho de que las capturas se hayan más que triplicado en el período de 1965-1987, mientras que las CPUE permanecieron casi iguales. Una explicación posible sería que aquellos individuos especialmente vulnerables a las artes palangreras hayan sido extraídos selectivamente de la población durante los primeros años de la pesquería, reduciendo así las CPUE más que la abundancia de los peces. Otra posibilidad es que, debido al precio elevado del patudo, los pescadores dirigieron su esfuerzo más hacia esa especie en los últimos años. Por ejemplo, es posible que cambios en la distribución espacial y temporal del esfuerzo de pesca, junto con la adopción de las artes palangreras de profundidad a fines de los años setenta, hayan mantenido la CPUE del patudo al mismo nivel mientras se reducía su abundancia. Una tercera posibilidad es que el reclutamiento de patudo haya aumentado, permitiendo que las CPUE permanecieran constantes mientras las capturas aumentaban. La incertidumbre actual sobre los niveles de intercambio de peces entre el área analizada y las áreas adyacentes contribuye también a la incertidumbre en la interpretación de los datos.

## **BARRILETE NEGRO**

El barrilete negro forma solamente una muy pequeña parte de las descargas de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental, pero es de importancia comercial considerable en varios países latinoamericanos. Forma además un recurso de magnitud importante, que probablemente será explotado más fuertemente a medida que aumente la demanda de atún. Por consiguiente, es prudente obtener todo conocimiento posible sobre esta especie.

Los conocimientos actuales del barrilete negro provienen principalmente de los datos de bitácora de los barcos, de datos sobre los pesos de peces descargados en las enlatadoras, de estómagos, gónadas, y medidas de peces tomadas en las enlatadoras, de gónadas obtenidas en cruceros de marcado para estudios histológicos, de estudios de larvas (orientados principalmente hacia otras especies), de datos de recaptura de barriletes negros marcados incidentalmente

durante el marcado de aleta amarilla o barrilete, y de estudios actuales en el Laboratorio de la CIAT en Achotines.

En la Tabla 1 se presentan datos sobre las descargas de barrilete negro por barcos atuneros de 1961 a 1992. Estos datos incluyen solamente el pescado descargado; se sabe que se capturan cantidades mayores, pero como no se descargan, no se incluyen en las estadísticas. Las estimaciones de las cantidades de barriletes negros devueltos al mar por barcos cerqueros durante el período entre 1986 y 1992 varían de unas 4 a 11 mil toneladas por año. Además, la especie es capturada por barcos pequeños basados en Latinoamérica, de los cuales no se obtienen datos. Las capturas reales son así superiores a aquellas indicadas en la tabla. En la Figura 79 se ilustran las áreas de captura de 1980 a 1983 de los barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora.

En el Informe Interno 17 de la CIAT se presenta un análisis de la relación peso-talla del barrilete negro. En un crucero de marcado realizado en 1981 se hicieron algunas observaciones sobre la habilidad natatoria, la temperatura del cuerpo, y el tiempo requerido para la evacuación gástrica; el análisis de los resultados fue publicado en una revista científica en 1984. En total han sido marcados 1,502 barriletes negros, 107 de los cuales han sido recapturados. En la página 129 del Informe Anual de la CIAT de 1982 se presentan datos sobre los desplazamientos y crecimiento del barrilete negro, determinados a partir de estos datos.

Se publicaron recientemente en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, Nº 2, datos sobre las áreas y la duración del desove, la talla de madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad, y la frecuencia del desove del barrilete negro. El cálculo del potencial reproductivo es de importancia primordial con respecto a la dinámica de poblaciones de los peces, ya que es un determinante básico de la productividad. Además, ya que la cantidad de peces de tamaño capturable disponible a la pesca depende en gran parte del éxito del desove y de la sobrevivencia durante los primeros estadios del ciclo vital, los estudios de este tipo pueden producir información de valor potencial para realizar pronósticos. Además, se han capturado grandes cantidades de larvas y juveniles de barrilete negro y de otras especies de escómbridos (atunes y caballas), en particular frente a América Central y cerca de la desembocadura del Mar de Cortez.

Los datos sobre la ocurrencia de larvas y juveniles, junto con los datos de marcado y de bitácora, proporcionan los índices de abundancia del barrilete negro en relación a las demás especies de escómbridos. Esta información parece indicar que la producción anual potencial de esta especie es muy superior a los niveles actuales de descarga.

Actualmente se están realizando estudios extensos del barrilete negro en el laboratorio de la CIAT en Achotines (Panamá) y en La Jolla. Se resumen dichos estudios en la sección del presente informe titulada *Estudios del ciclo vital temprano* y en Informes Anuales de la CIAT previos.



**APPENDIX 1—ANEXO 1****STAFF\*—PERSONAL\*****DIRECTOR**

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)

**SCIENTIFIC—CIENTIFICO****Chief Scientists—Científicos Dirigentes**

Richard B. Deriso, Ph.D. (University of Washington)  
Tuna-billfish Program —Programa Atún-picudo

Martín A. Hall, Ph.D. (University of Washington)  
Tuna-dolphin Program —Programa Atún-delfín

**Senior Scientists—Científicos Principales**

Pablo R. Arenas, Ph.D. (University of Washington)  
Biology —Biología

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington)  
Biology —Biología

David A. Bratten, B.S. (San Diego State University)  
Biology —Biología

Michael G. Hinton, M.S. (University of Washington)  
Biology: statistics —Biología: estadística

Daniel Margulies, Ph.D. (University of Maryland)  
Biology —Biología

Robert J. Olson, Ph.D. (University of Wisconsin)  
Biology —Biología

Michael D. Scott, Ph.D. (University of California at Los Angeles)  
Biology —Biología

Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State University)  
Biology: population dynamics —Biología: dinámica de poblaciones

Alexander Wild, Ph.D. (University of British Columbia)  
Biology —Biología

**Associate Scientists—Científicos Asociados**

Alejandro A. Anganuzzi, Lic. (Universidad Nacional de Mar del Plata)  
Biology: population dynamics —Biología: dinámica de poblaciones

Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington)  
Biology —Biología

Edward H. Everett, B.A. (San Jose State University)  
Biology: statistics —Biología: estadística

Cleridy E. Lennert, M.S. (University of California at San Diego)	
Biology: mathematics	—Biología: matemática
Richard J. Lindsay, B.S. (Long Island University)	
Biology	—Biología
Milton F. López, B.S. (University of Rhode Island)	
Computer science	—Ciencia de computadoras
Ashley J. Mullen, Ph.D. (University of London)	
Biology: mathematics	—Biología: matemática
Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Kurt M. Schaefer, M.S. (San Diego State University)	
Biology	—Biología
Vernon P. Scholey, B.S. (University of Washington)	
Biology	—Biología (Achetines, Panamá)
John H. Stadler, M.S. (University of Washington)	
Biology	—Biología (Achetines, Panamá)
Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State University)	
Data base management	—Administración de base de datos

#### Assistant Scientists—Científicos Auxiliares

Ernesto Altamirano Nieto, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology	—Biología
Armando Enrique Carrasco Arevalo, B.S. (University of West Florida)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Adrián Celaya Ortega, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California Sur)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Mazatlán, México)
Alvin Delgado Martínez, Lic. (Universidad de Oriente)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Leonardo García, Lic. (Universidad de Guayaquil)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Manta, Ecuador)
Marco A. García, Lic. (Universidad de Oriente)	
Biology: mathematics	—Biología: matemática
Pablo X. Guerrero Verduga, Lic. (Universidad de Guayaquil)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Manta, Ecuador)

Craig F. Heberer, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: statistics	— Biología: estadística
(to June 11)	—hasta el 11 de junio)
	(Mayaguez, Puerto Rico)
José Manuel Lutt M., B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology	—Biología
	(Ensenada, México)
Alberto Morales Yañez, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology	—Biología
	(Ensenada, México)
Elizabeth A. Palmer, B.S. (California State Polytechnic University)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (San Pedro, California)
(to July 31)	—hasta el 31 de julio)
Eric E. Pedersen, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: statistics	—Biología: estadística
	(Ensenada, México)
Andris Purmalis, B.S. (University of Michigan)	
Biology: statistics	—Biología: estadística
	(Panamá, R.P.)
Lesly Rodríguez, Lic. (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua)	
Biology	—Biología
Oswaldo A. Silva, Ict. Pis. (Instituto de Altos Estudios de la Técnica en la Industria y Economía Pesquera, Astrakhan, USSR)	
Biology: statistics	—Biología: estadística
	(Manta, Ecuador)
Enrique Ureña Portales, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology: statistics	—Biología: estadística
Nickolas W. Vogel, B.A. (University of California at Santa Barbara)	
Biology	—Biología
Jeanne B. Wexler, B.S. (Humboldt State University)	
Biology	—Biología

**TECHNICAL—TECNICO**

Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico)	
Waterfront contact: laboratory technician	
	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio
Kevin T. Bentler, B.S. (University of California at San Diego)	
Laboratory technician	—Técnico de laboratorio
(From March 2	—Desde el 2 de marzo)
Sharon A. Booker	
Data secretary	—Secretaria de datos

Joanne E. Boster Statistical technician	—Técnica en estadística
Laura J. Bowling Data secretary	—Secretaria de datos
Jesús Mario Budria Gracia Maintenance supervisor	—Supervisor de mantenimiento (Achetines, Panamá)
Julio Carranza Waterfront contact: laboratory technician (to August 31)	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio —hasta el 31 de agosto (Coishco, Perú)
Nannette Y. Clark Statistical technician	—Técnica en estadística
Yolanda Covington Data assistant	—Asistente de datos
Juan A. Gracia, J.D. (Universidad Católica de Puerto Rico) Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Mayaguez, Puerto Rico)
Julio César Guevara Quintana Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Panamá, R.P.)
Kenton J. Heldoorn, B.S. (University of California at San Diego) Laboratory technician (to November 20)	—Técnico de laboratorio —hasta el 20 de noviembre
Manuel R. Inclan Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Ensenada, México)

#### ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO

Marisa Chocano Bilingual secretary	—Secretaria bilingüe
Berta N. Juárez Bilingual secretary to the Director	—Secretaria bilingüe del Director
Daniel R. Lilly, B.S. (Marquette University) Administrative assistant	—Ayudante administrativo
Kristin M. Reichardt, B.A. (College of the Holy Cross) Translator (from August 10)	—desde el 10 de agosto)

Nicholas J. Webb, B.A. (University of York)

Translator

(to July 24

—Traductor

—hasta el 24 de julio)

\* All staff members at La Jolla unless otherwise noted

\* Todos en La Jolla, a menos que se indique lo contrario

## APPENDIX 2—ANEXO 2

## AGREEMENT FOR THE CONSERVATION OF DOLPHINS

*The governments listed in Appendix I recall and reaffirm the resolution adopted during a Special Meeting of the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) held in La Jolla, California, on April 21-23, 1992, to adopt a multilateral program with the objectives of (1) progressively reducing dolphin mortality in the eastern Pacific Ocean (EPO) fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits and (2), with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins while maintaining the populations of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches year after year, and to limit and, if possible, eliminate the mortality of dolphins in the fishery of the EPO as follows:*

Year	Limit	Percentage of best estimate of current populations of spotted, spinner, and common dolphins
1993	19,500	0.30
1994	15,500	0.24
1995	12,000	0.19
1996	9,000	0.14
1997	7,500	0.11
1998	6,500	0.10
1999	<5,000	<0.08

The IATTC further resolved to establish a Review Panel to review and report on the compliance of the international fleet with the mortality limits set forth above, and make recommendations as appropriate, and to establish within the IATTC an Advisory Board of technical specialists from the international communities of scientists, government agencies, environmental groups, and the fishing industry, to assist the Director of the IATTC in efforts to coordinate, facilitate, and guide research.

Therefore:

*The governments listed in Appendix I agree that :*

1. Each government that is a party to this Agreement ("the participating governments") shall, on or before October 1, 1992, provide to the Director of the IATTC a list of purse-seine vessels of carrying capacity greater than 400 short tons under its jurisdiction which such government has reasonable cause to believe will set on tunas associated with dolphins in the EPO in 1993 and for each of which the government wishes to have a Dolphin Mortality Limit (DML) assigned for that year.
2. The Review Panel to be established in accordance with the Resolution of April 1992, whose duties, functions, and responsibilities are defined in Appendix II, shall, by November 1, 1992, assign a DML to each vessel that it determines to be "qualified" for a DML in accordance with Paragraph 1 ("qualified vessels"). For 1993, each DML shall be equivalent to 19,500 divided by the total number of qualified vessels.

3. A participating government may thereafter adjust the DMLs of its qualified vessels either upward or downward, provided that no vessel is assigned an adjusted DML in excess of 15 percent above the original DML and that the collective DMLs for that nation's fleet do not exceed that nation's collective DMLs prior to adjustment. Any such adjustment shall be made prior to December 1, 1992. Each government shall notify the IATTC of any such adjustments on or before December 15, 1992. DMLs that are assigned as of December 1, 1992, shall be applied during 1993.
4. Any vessel assigned a DML for 1993 which does not utilize any of its DML by June 1, 1993, or which leaves the fishery, shall lose its right to utilize its DML for the remainder of the year. The IATTC shall maintain records of all such unutilized DMLs.
5. Each participating government shall, on or before April 1, 1993, provide to the Director of the IATTC the names of purse-seine vessels which were not assigned a DML under Paragraph 2 and to which it wishes to have a DML assigned for the last six months of 1993. All such vessels which are qualified shall be assigned DMLs by the Director of the IATTC, after consultation with the voting members of the Review Panel, as soon as possible after June 1, 1993. The DML shall be calculated by dividing the sum of the unutilized DMLs by the total number of such applications, provided that the DML for any such vessel shall not exceed one-half of the DML calculated in accordance with Paragraph 2.
6. For any vessel exceeding its DML during 1993, the amount of its excess shall be deducted from the DML assigned to that vessel during 1994 and, if the excess in 1993 exceeds the 1994 DML, then such excess shall be deducted from the DMLs subsequent to 1994, as appropriate.
7. Only vessels operating under the jurisdiction of participating governments or under the jurisdiction of the governments of IATTC member countries are eligible for DMLs.
8. Compliance with the total EPO dolphin mortality limits for the years 1994 through 1999 shall be ensured through the mechanisms set forth above for 1993, with any necessary modifications.
9. The participating governments shall review and assess the 1993 compliance mechanisms prior to July 1, 1993.
10. Measures shall be taken with respect to management of individual stocks of dolphins in accordance with Appendix III.
11. The Scientific Advisory Board of technical experts to coordinate, facilitate, and guide research in accordance with the Resolution of April 1992 shall be established and operate as outlined in Appendix IV.
12. The participating governments shall require purse-seine vessels of carrying capacity greater than 400 short tons under their jurisdiction which operate in the EPO to carry an observer during each fishing trip in 1993. At least 50 percent of the observers shall be from the observer program of the IATTC.
13. The participating governments shall permit observers to collect all pertinent information necessary to achieve the objectives of this Agreement.

14. The participating governments shall require observers to inform the fishing captain of the vessel upon which he is observing when the DML is reached and when fishing by that vessel for yellowfin tuna in association with dolphins should cease.

15. The participating governments shall require that a vessel shall cease fishing on dolphins in the EPO when its DML has been reached.

*The participating governments recommend that all IATTC member countries and other states party to this Agreement work diligently to achieve the objectives of this Agreement and particularly strive to undertake measures to insure that states not currently party to this Agreement, but which have vessels capable of and intending to fish for tunas in association with dolphins in the eastern Pacific Ocean subscribe to the Agreement.*

## APPENDICES

### Appendix I.

Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Nicaragua, Panama, Spain, the United States of America, Vanuatu, Venezuela.

---

### Appendix II.

## THE REVIEW PANEL

### I. OBJECTIVES

This Review Panel is established as recommended by the Resolution approved at the Special Meeting of the IATTC held on April 21-23, 1992, to review and report on the compliance of the international fleet with the mortality limits set forth and to make recommendations as appropriate.

### II. FUNCTIONS AND RESPONSIBILITIES

The Review Panel shall:

1. Compile each year a list of vessels qualified for Dolphin Mortality Limits (DML) and assign DMLs for each year from 1993 through 1999.
2. Review all trips made in the eastern Pacific Ocean by purse-seine vessels of fish-carrying capacity greater than 400 short tons.
3. Identify all infractions of agreements concerning dolphin mortality, including this Agreement, and a Resolution passed at the 50th Meeting of the IATTC.
4. Inform the governments which are parties to such agreements or the Resolution of the 50th Meeting of infractions by vessels under their jurisdiction.
5. Receive from governments party to the Resolution of the 50th Meeting or this Agreement and whose vessels fish for tunas in association with dolphins in the eastern Pacific Ocean information concerning their actions in response to reported infractions for the purposes of monitoring compliance.
6. Recommend to all such governments a standardized certification system for fishing captains and maintain a list of those who have received adequate training and who are abiding by the goals of the Resolution of the 50th Meeting or this Agreement.



7. Recommend to all such governments a set of sanctions for individual fishing captains, vessel owners, and observers which are consistent with the goals of the Resolution of the 50th Meeting or this Agreement, appropriate for the infractions, and standardized among countries.
8. Recommend to all such governments minimum standards for fishing gear, update these following technological advances, and maintain a list of vessels which carry all the equipment needed to reduce dolphin mortality and which have performed the required procedures to maintain the vessel and the gear in good working condition.
9. Recommend to all such governments actions to be taken in order to ensure compliance with the Resolution of the 50th Meeting or this Agreement by any nation not a party to either that is conducting fishing operations in a manner inconsistent with the Resolution of the 50th Meeting or this Agreement.
10. Publish an Annual Report which would:
  - a) Review the operation of the program and recommend actions to the such governments for modifications and updates in enforcement consistent with the goals of the Resolution of the 50th Meeting or this Agreement.
  - b) Summarize all the identified infractions and the action taken.

### III. COMPOSITION OF THE PANEL

The Review Panel will be composed of nine members, five of whom shall be representatives of resolving governments with vessels participating in the fishery. The remaining members of the Panel shall consist of two representatives of environmental organizations and two representatives of the tuna-fishing industry, to be selected by government representatives on the Panel. The five government representatives shall be voting members; the four non-governmental representatives shall be non-voting members. The IATTC will provide a non-voting Secretariat for the Panel.

### IV. OPERATION OF THE PANEL

The Panel shall adopt rules of procedure for its operations at its first meeting. After each meeting a report of infractions and related matters shall be made available to the public. The Panel will prepare an annual report on its activities. The proceedings of the Panel will not be public, and its members shall not divulge any information concerning individual vessels and operators derived from review forms or from the proceedings of the Panel. Information concerning compliance with the terms of the Agreement will be made public by means of the Panel's Reports.

---

### Appendix III.

Protective measures for each individual stock of dolphins should be taken as follows:

- i) If the incidental mortality of any stock exceeds 2% of the most current estimate of absolute abundance (CEAA), but is less than 4% of the CEAA of that stock, a warning will be issued to all fleets;
- ii) If the incidental mortality of any stock exceeds 2% of the CEAA but is less than 4% in two consecutive years, all sets on that stock, whether in herds which contain only individuals of that stock or in mixed herds, would be banned for a year.

iii) If the incidental mortality of any stock reaches or exceeds 4% of the CEAA in a given year, a complete ban on setting on that stock would be imposed for the following year.

iv) If the incidental mortality of any stock exceeds 6% of the CEAA, the ban on sets would remain in force for three years; for 8%, four years; and for 10%, five years.

It is proposed that the CEAA for the dolphin stocks of the EPO presented by Wade and Gerrodette to the IWC in 1992, based on NMFS research vessel data for the period 1986-1990, be used for all these calculations until the signatory nations agree on an updated set of figures. Such updates could result from the analysis of data from future research cruises, from calibration of indices of relative abundance with estimates of absolute abundance, or from improvements in the analytical methodology applied to currently available data. The 2% value for maximum net annual recruitment should also be changed if better estimates become available.

#### BACKGROUND

In recent years, incidental mortality for all stocks of dolphins involved in the fishery has been decreasing, and as of 1991 the mortality rates of all stocks are less than 1% of the most recent estimates of their average absolute abundances for 1986-1990. The most conservative estimate of the maximum net annual recruitment rate for dolphins is 2%, so incidental mortality rates below this level should not jeopardize the recovery of the stocks.

The incidental mortalities of the various stocks of dolphins in the EPO in 1991 (based on mortality per set) were as follows:

Stock	Population abundance <sup>1</sup>	Incidental mortality	Percent mortality
Northeastern spotted	738,100		
Western and/or southern spotted	1,299,300		
All spotted (except coastal)	2,037,400	13,991	0.69
Eastern spinner	632,700	5,879	0.93
Whitebelly spinner	1,020,100	2,974	0.29
Northern common	477,000	161	0.03
Central common	415,600	3,182	0.77
Southern common	2,211,500	115	0.01
Other dolphins	2,729,100	990	0.04
All	9,523,400	27,292	0.29

<sup>1</sup> Wade and Gerrodette (submitted to the International Whaling Commission, 1992)

## Appendix IV.

**THE SCIENTIFIC ADVISORY BOARD**

The Inter-American Tropical Tuna Commission, at its Special Meeting held in La Jolla, California, on April 21-23, 1992, reached agreement on a multilateral program with the objectives of (1) progressively reducing dolphin mortality in the EPO fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits and (2), with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins while maintaining the populations of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches year after year.

Based on a recommendation from the IATTC scientific staff, the participating governments approve the establishment of a Scientific Advisory Board of technical specialists to assist the Director in matters regarding research to (a) modify current purse-seine technology to make it less likely to cause dolphin mortality and (b) seek alternative means of capturing large yellowfin tuna.

The functions and responsibilities of the Board shall be to:

- 1) Meet at least once each year.
- 2) Review plans, proposals, and programs of the Commission to seek to meet objectives (1) and (2), as noted in paragraph 1 of this document.
- 3) Provide advice to the Director concerning the design, facilitation, and guidance of research to achieve objectives (1) and (2) noted in Paragraph 1 of this document.
- 4) Assist the Director in locating sources of funding to conduct such research.
- 5) Recommend to the Director any other measures and actions that could be taken to facilitate achieving the objectives of the dolphin conservation program defined in the Resolution of the Special Meeting of the IATTC held in La Jolla on April 21-23, 1992.

The Board will consist of no more than 10 members, selected from the international community of scientists, fishing gear experts, the fishing industry, and environmentalists. The members will be selected by the Director on the basis of their technical expertise, and subject to approval by the Commission and the participating governments.

The secretariat for the Board will be provided by the IATTC.

---

**ACUERDO PARA LA CONSERVACION DE DELFINES**

*Los gobiernos participantes detallados en el Anexo I recuerdan y reafirman la resolución adoptada durante la Reunión Especial de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) celebrada en La Jolla, California, del 21 al 23 de abril de 1992, de adoptar un programa multilateral con los objetivos de (1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en la pesquería del Océano Pacífico oriental (OPO) a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales y (2), con el objetivo de eliminar la mortalidad de delfines en dicha pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla grandes no asociados con delfines y al mismo tiempo mantener las poblaciones de atún aleta amarilla en el OPO a un nivel que permita capturas máximas sostenibles año tras año, y de limitar y, en caso posible, eliminar la mortalidad de delfines en la pesquería del OPO como sigue:*

Año	Límite	Porcentaje de la mejor estimación de la población actual de delfines manchados, tornillos, y comunes
1993	19,500	0.30
1994	15,500	0.24
1995	12,000	0.19
1996	9,000	0.14
1997	7,000	0.11
1998	6,500	0.10
1999	<5,000	<0.08

Resolvieron además establecer un Panel de Revisión para revisar e informar sobre el cumplimiento por parte de la flota internacional con los límites de mortalidad arriba detallados y hacer recomendaciones adecuadas, y establecer dentro de la CIAT un Consejo Asesor de especialistas técnicos de las comunidades internacionales de científicos, agencias gubernamentales, grupos ambientalistas, y la industria pesquera, a fin de asesorar al Director de la CIAT en esfuerzos por coordinar, facilitar, y guiar la investigación.

Por lo cual:

*Los gobiernos detallados en el Anexo I acuerdan que:*

1. Cada gobierno parte de este Acuerdo ("los gobiernos participantes") proveerá al Director de la CIAT, antes del 1 de octubre de 1992, una relación de los barcos cerqueros de capacidad de acarreo superior a las 400 toneladas cortas bajo su jurisdicción que dicho gobierno tiene razones para creer que realizarán lances sobre atunes asociados con delfines en el OPO en 1993 y a cada uno de los cuales el gobierno desea le sea asignado un Límite de Mortalidad de Delfines (LMD) para ese año.
2. El Panel de Revisión que será establecido de acuerdo con la Resolución de abril de 1992, cuyos deberes, funciones, y responsabilidades se definen en el Anexo II, asignará, antes del 1 de noviembre de 1992, un LMD a cada barco que determine que está "calificado" para un LMD de acuerdo con el Inciso 1 ("barcos calificados"). Cada LMD para 1993 será equivalente a 19,500 dividido por el número total de barcos calificados.
3. Un país participante podrá en fecha posterior ajustar, hacia arriba o hacia abajo, los LMD de sus barcos calificados, siempre que a ningún barco le sea asignado un LMD ajustado en exceso del 15 por ciento por encima del LMD original y que los LMD colectivos para la flota de ese país no excedan los LMD colectivos de ese país antes de ser ajustados. Todo ajuste será realizado antes del 1 de diciembre de 1992. Los LMD asignados el 1 de diciembre de 1992 serán aplicados durante 1993.
4. Todo barco al que se le haya asignado un LMD para 1993 y que no utilice ninguna parte del mismo antes del 1 de junio de 1993, o que abandone la pesquería, perderá su derecho a utilizar su LMD durante el resto del año. La CIAT mantendrá registros de todo LMD no utilizado.

5. Cada gobierno participante proveerá al Director de la CIAT, antes del 1 de abril de 1993, los nombres de los barcos cerqueros a los cuales no se asignó un LMD bajo el Inciso 2 y a los cuales desea que se les asigne un LMD para los últimos seis meses de 1993. Los LMD de aquellos barcos de este grupo que estén calificados serán asignados por el Director de la CIAT, tras consultas con los miembros del Panel de Revisión con voto, lo antes posible después del 1 de junio de 1993. El LMD de cualquiera de estos barcos será calculado dividiendo la suma de los LMD no utilizados por el número total de solicitudes. Sin embargo, el LMD de cualquiera de estos barcos no deberá superar la mitad del LMD calculado de acuerdo con el Inciso 2.
6. Para un barco que exceda su LMD durante 1993, su exceso será restado del LMD asignado a ese barco durante 1994 y, si este exceso superara el LMD para 1994, entonces será restado de los LMD subsiguientes a 1994, tal como corresponda.
7. Solamente los barcos faenando bajo la jurisdicción de países participantes o miembros de la CIAT serán elegibles para un LMD.
8. Se asegurará el cumplimiento de los límites de mortalidad incidental total de delfines en el OPO para los años 1994 a 1999 mediante los mecanismos arriba establecidos para 1993, con las modificaciones debidas en caso necesario.
9. Los gobiernos participantes revisarán y evaluarán los mecanismos de cumplimiento para 1993 antes del 1 de julio de 1993.
10. Se tomarán medidas con respecto a la administración de stocks individuales de delfines de acuerdo con el Anexo III.
11. El Consejo Científico Asesor de expertos técnicos para coordinar, facilitar, y guiar la investigación será establecido y funcionará de acuerdo con lo expuesto en el Anexo IV.
12. Requerirán que barcos de capacidad de acarreo superior a 400 toneladas cortas bajo su jurisdicción que faenan en el OPO lleven un observador durante cada viaje de pesca en 1993. Un mínimo de 50 por ciento de estos observadores serán del programa de observadores de la CIAT.
13. Permitirán a los observadores reunir toda la información pertinente necesaria para lograr los objetivos de este Acuerdo.
14. Requerirán que el observador informe al capitán del barco al cual está asignado cuando se alcance el LMD y cuando el barco deba cesar de pescar atunes aleta amarilla asociados con delfines.
15. Requerirán que un barco cese de pescar sobre delfines en el OPO cuando haya alcanzado su LMD.

*Los gobiernos participantes recomiendan que todos los países miembros de la CIAT y demás países partes de este Acuerdo trabajen con diligencia para lograr los objetivos de este Acuerdo y en particular hagan lo posible por tomar medidas que aseguren que países actualmente no partes de este Acuerdo pero que tengan barcos con la capacidad y la intención de pescar atunes asociados con delfines en el OPO y se suscriban al Acuerdo.*

**ANEXOS**

## Anexo I.

Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, los Estados Unidos de América, México, Nicaragua, Panamá, Vanuatu, Venezuela.

## Anexo II.

**EL PANEL DE REVISION****I. OBJETIVOS**

Se establece este Panel de Revisión de acuerdo con lo recomendado por la Resolución aprobada en la Reunión Especial de la CIAT celebrada del 21 al 23 de abril de 1992, para revisar e informar sobre el cumplimiento por parte de la flota internacional con los límites de mortalidad detallados y hacer recomendaciones adecuadas.

**II. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES:**

El Panel de Revisión deberá:

1. Compilar cada año una relación de barcos calificados para los Límites de Mortalidad de Delfines (LMD) y asignar los LMD para cada año desde 1993 hasta 1999.
2. Revisar todos los viajes realizados en el Océano Pacífico oriental (OPO) por barcos cerqueros de capacidad de acarreo mayor de 400 toneladas cortas.
3. Identificar toda infracción de acuerdos concernientes a la mortalidad de delfines, incluido el presente Acuerdo, y de una resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT.
4. Informar a los gobiernos partes de dichos acuerdos o de la resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT de las infracciones cometidas por barcos bajo su jurisdicción.
5. Recibir de los gobiernos partes de la resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT o este Acuerdo y cuyos barcos pescan atunes en asociación con delfines en el Océano Pacífico oriental información sobre sus acciones en respuesta a infracciones reportadas para los propósitos de monitorear el cumplimiento.
6. Recomendar a todos estos gobiernos un sistema estandarizado de certificación de capitanes y mantener registros de aquellos que han sido capacitados adecuadamente y que se sujetan a los objetivos de la resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT o este Acuerdo.
7. Recomendar a todos estos gobiernos sanciones para capitanes individuales, armadores, y observadores que sean consistentes con los objetivos de la resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT o este Acuerdo, adecuadas para las infracciones, y estandarizadas entre países.
8. Recomendar a todos estos gobiernos normas mínimas para el aparejo de pesca, actualizarlo de acuerdo con avances tecnológicos, y mantener registros de aquellos barcos que llevan todo el equipo necesario para reducir la mortalidad de delfines y que han realizado los procedimientos requeridos para mantener al barco y al equipo en buenas condiciones de funcionamiento.

9. Recomendar a todos estos gobiernos acciones que se tomarían para asegurar el cumplimiento de la resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT o este Acuerdo por cualquier país no parte de los mismos que esté realizando las faenas de pesca de forma inconsistente con la resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT o este Acuerdo.
10. Publicar un Informe Anual que:
  - a) Revise la operación del programa y recomiende a estos gobiernos acciones acerca de modificaciones y actualizaciones del cumplimiento consistentes con los objetivos de la resolución aprobada en la Quincuagésima Reunión de la CIAT o este Acuerdo.
  - b) Resuma todas las infracciones identificadas y las acciones tomadas.

### III. COMPOSICION DEL PANEL

El Panel de Revisión será integrado por nueve miembros, cinco de los cuales serán representantes de gobiernos resolventes y con barcos participantes en la pesquería. Los demás miembros del Panel consistirán de dos representantes de organizaciones ambientalistas y dos representantes de la industria atunera, que serán seleccionados por los representantes gubernamentales del Panel. Los cinco representantes gubernamentales tendrán voto; los cuatro representantes no gubernamentales serán miembros sin voto. La CIAT proporcionará una Secretaría sin voto para el Panel.

### IV. OPERACION DEL PANEL

El Panel adoptará un Reglamento de Procedimiento para sus actividades en su primera reunión. Después de cada reunión se pondrá a disposición del público un informe sobre las infracciones y asuntos relacionados. El Panel preparará un informe anual sobre sus actividades. Las reuniones del Panel no estarán abiertas al público, y sus miembros no divulgarán ninguna información sobre barcos y personas individuales derivada de registros de revisión o de reuniones del Panel. La información acerca del cumplimiento con las disposiciones del acuerdo será hecha pública por medio de los Informes del Panel.

### Anexo III.

Se deben tomar medidas de protección para los distintos stocks, como sigue:

- i) Si la mortalidad incidental de cualquier stock supera el 2% de la estimación más actual de abundancia absoluta (EAA), pero es menos del 4% de la EAA de ese stock, se emitiría un aviso a todas las flotas;
- ii) Si la mortalidad incidental de cualquier stock supera el 2% de la EAA pero es menos del 4% en dos años consecutivos, se prohibirían durante un año lances sobre ese stock, ya sea en manadas que contienen solamente individuos de ese stock o en manadas mixtas;
- iii) Si la mortalidad incidental de cualquier stock alcanza o supera el 4% de la EAA en un año dado, se prohibirían completamente los lances sobre ese stock en el año siguiente;
- iv) Si la mortalidad incidental de cualquier stock supera el 6% de la EAA, la prohibición de lances permanecería en vigor durante tres años; para el 8%, cuatro años; y para el 10%, cinco años.

Se propone que las EAA de los stocks de delfines del OPO presentados por Wade y Gerrodette a la CBI en 1992, y basados en datos de barcos de investigación del NMFS en el período de 1986-1990, sean usadas para todos estos cálculos hasta que las naciones signatarias decidan las cifras actualizadas a usar. Estas actualizaciones podrían resultar del análisis de datos provenientes de futuros cruceros de investigación, de la calibración de los índices de abundancia relativa con las estimaciones de abundancia absoluta, o de mejoras en la metodología aplicada a los datos actualmente disponibles. El valor de 2% para el reclutamiento neto anual máximo debería también ser cambiado si se desarrollan estimaciones mejores.

#### ANTECEDENTES

En los últimos años ha ido disminuyendo la mortalidad de todos los stocks de delfines involucrados en la pesquería, y desde 1991 la tasa de mortalidad de cada uno de los stocks ha sido inferior al 1% de las estimaciones más recientes de su abundancia absoluta media de 1986-1990. La estimación más conservadora de la tasa máxima de reclutamiento neto anual de delfines es 2%, por lo que tasas de mortalidad incidental inferiores a este nivel no deberían perjudicar la recuperación de los stocks.

La mortalidad incidental de los distintos stocks de delfines en 1991 (basada en mortalidad por lance) es como sigue:

Stock	Abundancia de la población <sup>1</sup>	Mortalidad incidental	Mortalidad porcentual
Manchado nororiental	738,100		
Manchado occidental y/o sureño	1,299,300		
Todos manchados (excepto costero)	2,037,400	13,991	0.69
Tornillo oriental	632,700	5,879	0.93
Tornillo panza blanca	1,020,100	2,974	0.29
Común norteño	477,000	161	0.03
Común central	415,600	3,182	0.77
Común sureño	2,211,500	115	0.01
Otros delfines	2,729,100	990	0.04
Todos	9,523,400	27,292	0.29

<sup>1</sup> Wade y Gerrodette (remitido a la Comisión Ballenera Internacional, 1992)

Anexo IV.

#### EL CONSEJO CIENTIFICO ASESOR

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, en su Reunión Especial celebrada en La Jolla, California, en abril de 1992, llegó a un acuerdo sobre un programa multilateral con los objetivos de (1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en la pesquería del



OPO a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales y (2), con el objetivo de eliminar la mortalidad de delfines en dicha pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla grandes no asociados con delfines y al mismo tiempo mantener las poblaciones de atún aleta amarilla en el OPO a un nivel que permita capturas máximas sostenibles año tras año.

Basándose en la recomendación del personal científico de la CIAT, los gobiernos participantes aprueban el establecimiento de un Consejo Científico Asesor de especialistas técnicos para asistir al Director en asuntos referentes a investigaciones para (a) modificar la tecnología cerquera actual a fin de reducir la posibilidad de que cause mortalidad de delfines y (b) buscar métodos alternativos de capturar atunes aleta amarilla grandes.

Las funciones y responsabilidades del Consejo serán:

- 1) Reunirse al menos una vez al año.
- 2) Revisar planes, propuestas, y programas de la Comisión a fin de lograr los objetivos (1) y (2), detallados en el inciso 1 de este documento.
- 3) Asesorar al Director en el diseño, facilitación, y dirección de investigaciones para lograr los objetivos (1) y (2) expuestos en el primer párrafo de este documento.
- 4) Ayudar al Director en la busca de fuentes de financiación para estas investigaciones.
- 5) Recomendar al Director otras medidas y acciones que se pudieran tomar para facilitar el cumplimiento de los objetivos del programa de conservación de delfines definido en la Resolución de la Reunión Especial de la CIAT celebrada en La Jolla en abril de 1992.

El Consejo será formado por un máximo de 10 personas, seleccionadas de la comunidad internacional de científicos, expertos en artes de pesca, industriales, y ambientalistas. Los miembros serán seleccionados por el Director, en base a su pericia técnica, y sujeto a la aprobación de la CIAT y los gobiernos participantes.

La secretaría del Consejo será proporcionada por la CIAT.

## APPENDIX 3—ANEXO 3

## INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Balance Sheet, September 30, 1992

Balance General, 30 de Septiembre de 1992

*Assets—Activo*

## Current assets—Activo circulante

Cash and cash equivalents—Efectivo y equivalentes	\$ 1,331,347
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	12,363
Employee advances—Anticipos a los empleados	191,283
Deposits—Depósitos	<u>7,021</u>

Total current assets—Activo total circulante 1,542,014

Real property, at cost—Propiedad raíz, al costo	<u>325,775</u>
	<u>\$ 1,867,789</u>

*Liabilities and fund balances—Pasivo y balances de los fondos*

## Current liabilities—Pasivo circulante

Accounts payable—Cuentas por pagar	94,136
Accrued expenses and other liabilities—Gastos acumulados y otro pasivo	<u>271,039</u>
Total current liabilities—Pasivo total circulante	<u>365,175</u>

## Fund balances—Balances de los fondos

General fund—Fondo general	1,094,719
Real property fund—Fondo propiedad raíz	325,775
Restricted fund—Fondo restringido	<u>82,120</u>

Total fund balance—Balance totales de los fondos 1,502,614

\$ 1,867,789

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statements of Revenue and Expenses for the Year Ended September 30, 1992—**  
**Declaración de Ingresos y Gastos Correspondiente al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1992**

*Revenue—Ingresos*

Government contributions for joint expenses—Aportes de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America—Estados Unidos de América	\$ 2,958,000
Japan—Japón	167,572
France—Francia	116,691
Nicaragua	500
Panama—Panamá	500
Vanuatu	500
Costa Rica	-
Venezuela	-
Total government contributions—Total de aportes por los gobiernos	3,243,763
Contract revenue—Ingresos por contrato	1,116,815
Interest income—Ingresos por interes	47,145
Other revenue—Otros ingresos	101,510
Total revenue—Ingreso total	4,509,233

*Expenditures—Gastos*

Salaries—Sueldos	1,794,940
Observer costs—Gastos para los observadores	550,621
Contract expenditures—Gastos para los contratos	391,539
Employee benefits—Beneficios laborales	278,473
Materials and supplies—Materiales y suministros	399,502
Travel—Viajes	286,897
Rent and utilities—Alquiler y servicios públicos	98,964
Printing and postage—Imprenta y franqueo	89,870
Insurance and taxes—Seguros e impuestos	23,735
Legal and professional—Legales y profesionales	13,025
Miscellaneous—Misceláneos	16,559
Total expenditures—Gastos totales	3,944,125
Excess of revenues over expenditures—Exceso de ingresos sobre gastos	\$ 565,108

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statements of Changes in Fund Balances for the Year Ended September 30, 1992—**  
**Declaración de Cambios en el Balance de los Fondos Correspondiente al**  
**Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1992**

	<b>General fund— Fondo general</b>	<b>Real property fund— Fondo propiedad raíz</b>	<b>Restricted fund— Fondo restringido</b>	<b>Total</b>
Balance (deficit) at September 30, 1990 Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1990	\$ (116,393)	325,775	-	209,382
Excess of expenditures over revenues Exceso de gastos sobre ingresos	<u>636,718</u>	<u>-</u>	<u>91,406</u>	<u>728,124</u>
Balance at September 30, 1991 Balance hasta el 30 de septiembre de 1991	520,325	325,775	91,406	937,506
Excess (deficiency) of revenues over expenditures Exceso (deficiencia) de ingresos sobre gastos	<u>574,394</u>	<u>-</u>	<u>(9,286)</u>	<u>565,108</u>
Balance at September 30, 1992 Balance al 30 de septiembre de 1992	<u>\$ 1,094,719</u>	<u>325,775</u>	<u>82,120</u>	<u>1,502,614</u>

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statement of Cash Flow for the Year Ended September 30, 1992—**  
**Declaración de Flujo de Fondos Correspondiente al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1992**

Excess of revenues over expenditures—Exceso de ingresos sobre gastos	\$ 565,108
Adjustments to reconcile excess of revenues over expenditures to net cash provided by operating activities—Ajustes para reconciliar exceso de ingresos sobre gastos con efectivo neto proveido por actividades de operación:	
Decrease in accounts receivable—Reducción de cuentas por cobrar	6,840
Increase in employee advances—Aumento en anticipos a los empleados	(36,679)
Increase in deposits—Aumento de los depósitos	(5,402)
Increase in accounts payable—Aumento en cuentas por pagar	27,078
Decrease in accrued expenses and other liabilities—Reducción de gastos acumulados y otro pasivo	(9,645)
Net cash provided by operating activities—Efectivo neto proveido por actividades de operación	<u>547,300</u>
Cash and cash equivalents at beginning of year—Efectivo y equivalentes al principio de año	<u>784,047</u>
Cash and cash equivalents at end of year—Efectivo y equivalentes al fin de año	<u>\$ 1,331,347</u>

## APPENDIX 4—ANEXO 4

CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1992 CON-  
TRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADOS DURANTE 1992**Annual reports—Informes anuales**

1990 and—y 1991

**Bulletins—Boletines**

Schaefer, Kurt M. An evaluation of geographic and annual variation in morphometric characters and gill-raker counts of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from the Pacific Ocean—Una evaluación de la variación geográfica y anual en las características morfométricas y conteos de branquiespinas de atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, del Océano Pacífico, Vol. 20, No. 3.

Punsly, Richard, and Hideki Nakano. Analysis of variance and standardization of longline hook rates of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin (*Thunnus albacares*) tunas in the eastern Pacific Ocean during 1975-1987—Análisis de varianza y estandarización de las tasas de captura con palangre de atunes patudo (*Thunnus obesus*) y aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental durante 1975-1987, Vol. 20, No. 4.

Nakano, Hideki, and William H. Bayliff. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1981-1987—Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y picudos en el Océano Pacífico oriental, 1981-1987, Vol. 20, No. 5.

Tomlinson, Patrick K., Sachiko Tsuji, and Thomas P. Calkins. Length-frequency estimation for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught by commercial fishing gear in the eastern Pacific Ocean—Estimación de las frecuencias de talla de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) capturado por artes comerciales en el Océano Pacífico oriental, Vol. 20, No. 6.

**Internal Report—Informe Interno**

Fonteneau, Alain. A comparative study of yellowfin tuna in the eastern Pacific and in the eastern Atlantic, No. 22.

**Book—Libro**

Francis, Robert C., Frank T. Awbrey, Clifford A. Goudey, Martín A. Hall, Dennis M. King, Harold Medina, Kenneth S. Norris, Michael K. Orbach, Roger Payne, and Ellen Pikitch. 1992. Dolphins and the Tuna Industry. National Academy Press, Washington, D.C.: xii, 176 pp.

**Outside journals—Revistas externas**

Miller, Forrest R. 1992. El Niño, a frequent visitor in the past 450 years. Tuna Newsletter (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Southwest Fish. Sci. Center, La Jolla), 104: 5-6.

Owen, R. W., S. F. Gíanesella-Galvão, and M. B. B. Kutner. 1992. Discrete, subsurface layers of the autotrophic ciliate *Mesodinium rubrum* off Brazil. Jour. Plankton Res., 14 (1): 97-105.

Buckland, Stephen T., Karen L. Cattanch, and Alejandro A. Anganuzzi. 1992. Estimating trends in abundance of dolphins associated with tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, using sightings data collected on commercial tuna vessels. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 90 (1): 1-12.

- Mullen, Ashley. 1992. Marine recruitment [letter to the editor]. *Trends Ecol. Evol.*, 7 (5): 135.
- Arenas, Pablo, and Martín Hall. 1992. The association of sea turtles and other pelagic fauna with floating objects in the eastern tropical Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFSC-302: 7-10.
- Hall, Martín, Pablo Arenas, Marco García, and Alejandro Parés-Sierra. 1992. Drift and dispersal patterns of sea turtle post-hatchlings in the eastern tropical Pacific: a simulation study. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFSC-302: 51-52.
- Hall, M. A., and S. D. Boyer. 1992. Estimates of incidental mortality of dolphins in the purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean in 1990. *Inter. Whaling Comm., Rep.*, 42: 529-531.
- Anganuzzi, A. A., K. L. Cattanch, and S. T. Buckland. 1992. Relative abundance of dolphins associated with tuna in the eastern tropical Pacific in 1990 and trends since 1975, estimated from tuna vessel sightings data. *Inter. Whaling Comm., Rep.*, 42: 541-546.
- Rensink, Gary B., and Forrest R. Miller. 1992. Summary of the 1991 North Pacific albacore fisheries data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep., LJ- 92-30: iii, 36 pp.
- Bayliff, William H. 1992. Northern bluefin tuna. *In* William S. Leet, Christopher M. Dewees, and Charles W. Haugen (editors), *California's Living Marine Resources and their Utilization*, California Department of Fish and Game: 138-140.
- Wild, Alex. 1992. Yellowfin and skipjack tunas. *In* William S. Leet, Christopher M. Dewees, and Charles W. Haugen (editors), *California's Living Marine Resources and their Utilization*, California Department of Fish and Game: 140-143.
- Bayliff, William H. 1992. Tunas and bonitos: discussion. *In* William S. Leet, Christopher M. Dewees, and Charles W. Haugen (editors), *California's Living Marine Resources and their Utilization*, California Department of Fish and Game: 146.
- Deriso, Richard. 1992. [Letter to the editor]. *Hawaii Fishing News*, December 1992: 27.

